This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

COUNTWAY LIBRARY
HC 1WZA L

Prof.
Geh.

LEHRBUCH

der

CHEMIE

von

J. Jacob Berzelius.

Nach des Verfassers schwedischer Bearbeitung der *Blöde-Palmstedt*'schen Auflage übersetzt

von

F. Wöhler.

Ersten Bandes erste Abtheilung.

Mit drei Kupfertafeln.

DRESDEN,
in der Arnoldischen Buchhandlung.

1825.

HARVARD MEDICAL LIBRARY
IN THE
FRANCIS A. COUNTWAY
LIBRARY OF MEDICINE

Vorerinnerung.

Der Plan zu dieser Arbeit, wovon ich hier eine neue und bedeutend umgearbeitete Auflage liefere, wurde 1807 entworfen; die Alkalien waren damals noch unzerlegte Körper; als die Nachricht von Davy's folgenreicher Entdeckung ihrer Reduction zu Metallen ankam, war der erste Theil beendigt und herausgegeben. Alles, was nun noch dabei geschehen konnte, war, die eine und die andere Seite umzudrucken. Der andere Theil, der die Metalle enthalten sollte, kam erst heraus, nachdem wir mit Bestimmtheit eine grofse Anzahl neuer Metalle hatten kennen gelernt, und umfafste dann sowohl die von Alters her bekannten Metalle, als die neuentdeckten Radikale der Alkalien und Erden. Hierdurch kam es, dafs Alkalien und Erden im ersten Theile, und ihre Radikale erst im zweiten Theile abgehandelt wurden. Als nun das Interesse des Verlegers verlangte, das nicht neu aufzulegen, was

noch nicht verkauft war, so konnten die beiden ersten Theile nicht auf einmal umgearbeitet werden, und es wurde daher unmöglich die Unconsequenz in dieser Aufstellung zu berichtigen. — Bei der Uebersetzung, welche hierauf von dieser Arbeit gemacht wurde, konnte diese nur mit einigen Zusätzen bereichert werden, aber die Umstände liefsen nicht eine solche Veränderung im Plane der Arbeit zu, wozu eine leichtere Communication zwischen dem Verfasser und dem Uebersetzer erforderlich gewesen wäre. Bei dem Tode des letzteren, welcher vor dem Drucke des ersten Theiles seiner Uebersetzung erfolgte, wurden Vorrede und Inhalt vergessen, und man vermifst in der Arbeit die Anleitung, welche man bei Benutzung eines Werkes in diesem geben kann und geben mufs, eine Vergessenheit, welche zwar hinsichtlich der Umstände, wodurch sie veranlafst war, verzeihlich ist, aber nichts desto weniger die Bemerkungen verdient, welche man darüber gemacht hat.

Unter den Veränderungen von Bedeutung, welche die Wissenschaft in dem an Entdeckungen so reichen ersten Decennium des neunzehnten Jahrhunderts erlitt, war auch eine neue Ansicht von der Zusammensetzung der Salzsäure und ihrer Salze. Ich gewann später als die Andern, welche sich mit dieser Wissenschaft beschäftigen, eine volle Ueberzeugung von dem Vorzuge der neuen Erklärungsart vor der älteren, und hatte also keinen hinreichenden Grund, bei der Uebersetzung die Ansichten ändern zu lassen, welche die Arbeit zuvor hierüber enthielt, und als ich es beim Umdrucken des ersten Theiles versuchen wollte, fand ich es unmöglich, ohne zugleich den Plan vollständig umzuschaffen. Eine solche Veränderung in dem Plane der Arbeit,

angemessen der, seit der ersten Aufstellung des Planes vorgegangenen bedeutenden Erweiterung und Veränderung der Wissenschaft, ist nun geschehen, und in dieser Hinsicht ist diese Auflage sehr von den vorhergehenden verschieden.

Es ist keine leichte Sache einen guten Plan für ein chemisches Lehrbuch zu entwerfen. Dieses hat einen ganz andern Zweck, als das Handbuch, in welchem die strengste systematische Ordnung die Hauptsache ist. In dem Lehrbuche dagegen muſs diejenige Ordnung aufgesucht werden, nach welcher die Wissenschaft am leichtesten begriffen und am besten im Gedächtnisse behalten wird.

Mehrere haben versucht, diese Ordnung so aufzustellen, daſs nichts Unbeschriebenes eher erwähnt werden solle, als bis seine Beschreibung vorgekommen sei, und daſs der Leser unaufhörlich von wohl bekannten zu unbekannten Materien geführt werde. Eine solche Ordnung ist in der Chemie unmöglich, und diejenigen, welche sie versuchten, haben dadurch nichts ausgerichtet. Die Aufmerksamkeit festet sich schwerer bei durchaus fremden Gegenständen, und der Bericht von dem, was nie die Neugierde gereizt hat, erweckt selten groſses Interesse. Die Materien, welche unter dem Studium der Wissenschaft ein und das andere Mal berührt wurden, und von welchen der Anfänger dadurch eine, wenn auch noch so unvollständige, Idee erlangt hat, interessiren bei ihrer vollständigen Beschreibung mehr, als diejenigen, welche durchaus neu sind. Beim Verfasser eines Lehrbuches ist es eine eben so wichtige Sache, wie in dem erzählenden Style der schönen Litteratur, die Neugierde des Lesers zuvor zu spannen, ehe sie befriedigt wird. Wird dieser Endzweck erreicht, so kostet das Studium der Wissenschaft

keine Mühe, wird er verfehlt, so kann es in eine Strafarbeit umgewandelt werden, welche einen beharrlichen Vorsatz erfordert.

Die Ordnung, welche ich bei Abhandlung dieser Wissenschaft gewählt habe, ist nicht die vollkommen systematische. Ich habe diese in dem Falle aufopfern zu müssen geglaubt, wo diese Aufopferung gröfsere Leichtigkeit für den Anfänger mit sich führt.

Im Allgemeinen giebt es zwei Hauptmethoden für die Aufstellung der Wissenschaft in einem Lehrbuche. Entweder sucht man, so lange es ohne Nachtheil geschehen kann, dasselbe zu einer Zusammenstellung der Monographien von den einfachen Körpern zu machen, und sammelt, nach einer gewissen Ordnung, um nicht auf zwei oder mehreren Stellen einen zusammengesetzten Körper beschreiben zu müssen, die Verbindungen eines jeden in einem Zusammenhange. Dieſs ist, meiner Meinung nach, unläugbar die Form, nach welcher die Wissenschaft in den engsten Rahmen gefafst, und in welcher sie am besten dem Gedächtnisse eingeprägt werden kann.

Oder auch man handelt zuerst alle die einfachen Körper ab, und dann, nach einer gegebenen Ordnung, die Verbindung aller mit einem jeden besonders, hierauf die Verbindung dieser Verbindungen mit einander, und geht auf diese Weise von dem einfachen zu dem mehr und mehr zusammengesetzten über. Diese Methode scheint im ersten Augenblicke am besten alle Forderungen für ein Lehrbuch zu erfüllen. Ihre guten Eigenschaften bestehen hauptsächlich darin, dafs man alle Elemente kennen lernt, ehe man einige Zusammensetzungen kennen lernt, und weil sie Verbindungen von einer

Art beisammen beschreibt, z. B. die der brennbaren Körper mit Sauerstoff, so hat man Gelegenheit, dem Einfachen eine allgemeine Beschreibung der gemeinschaftlichen Charaktere der oxydirten Körper vorausgehen zu lassen, und diese allgemeine Auseinandersetzung der gemeinschaftlichen Eigenschaften einzelner Klassen der Körper ist gerade dasjenige, was das Lehrbuch charakterisirt, und welches das eigentlich Wissenschaftliche in sich trägt.

Auf der andern Seite ist es gleichwohl von keiner Wichtigkeit für denjenigen, welcher in das Gebiet der Wissenschaft tritt, dafs er sogleich mit allen den Stoffen bekannt werde, welche die Wissenschaft für Elemente anzunehmen genöthigt ist. Viele davon sind sowohl selten, als auch von geringem Interesse, und die Beschreibung der Art ihrer Darstellung in isolirtem Zustande, verlangt schon einen nicht unbedeutenden Vorrath von Kenntnissen, wenn ihr gefolgt und wenn sie verstanden werden soll. Dagegen kommen andere von diesen Elementen sehr allgemein vor, und mehrere von ihren gegenseitigen Verbindungen bilden die vorzüglichsten Mittel, deren man sich in der Chemie bedient, um Erscheinungen oder Verbindungen hervorzubringen, um Zusammensetzungen zu trennen oder zu bewirken. Und mit diesen mufs man sich zuerst bekannt machen. Die Luft, das Wasser, und die Bestandtheile dieser, der Schwefel und der Phosphor mit ihren Säuren, Salpetersäure, Chlor und seine Säuren, die Alkalien und Erden, sind Körper, mit welchen man vorzugsweise vor den andern bekannt werden mufs, und deren Kenntnifs für jeden neuen Schritt erforderlich ist, welchen man in der Wissenschaft weiter machen will. Dagegen würde man eine ganz klare und ausgedehnte Kenntnifs

vom theoretischen Theile der Wissenschaft haben, und dabei mit zwei Drittheilen der Metalle ganz unbekannt seyn können.

Die letztere Aufstellungsart hat aufserdem die Ungelegenheit, dafs sie die Thatsachen über ein weiter ausgedehntes Feld ausstreut, oder dafs sie dieselben, um mich des schon gebrauchten Gleichnisses zu bedienen, in einen zu weit ausgestreckten Rahmen faſst. Es ist im Allgemeinen oft der Fall, dafs ein grofser Theil von Thatsachen im Zusammenhang mit andern ein Interesse erlangt, welches sie für sich selbst nicht in demselben Grade besitzen, und es ist eine grofse Kunst, jede Thatsache an der Stelle anzuführen, wo sie die gröfste Aufmerksamkeit erregt. Bei der beständigen Trennung derjenigen Verbindungen, welche ein und derselbe Körper giebt, wird das Register, durch welches sie zusammengestellt werden müssen, öfters einer der wesentlichsten Theile des Buches, und es geschieht oft, dafs die Beschreibung eines Körpers in dem Augenblicke abgebrochen wird, in welchem sie das gröfste Interesse zu erwecken angefangen hat, um dann lange nachher in einem anderen Abschnitte wieder aufgenommen zu werden, nachdem der Eindruck geschwächt oder verschwunden ist. Wenn man aufserdem in Lehrbüchern, welche nach dieser Methode aufgefaſst sind, die Beschreibung von z. B. dem einen Oxyde nach dem andern liest, so theilt sich die Aufmerksamkeit unter eine grofse Menge von Gegenständen von ungefähr gleichem Interesse, welche nicht durch eine solche Grundidee verbunden werden, wie z. B. das Radikal ist, in allen seinen Verbindungen mit einzelnen Körpern.

In gegenwärtiger Arbeit habe ich die guten Seiten der zuletzt angeführten Aufstellungsmethode mit

dem zuerst angeführten Principe für die Anordnung zu vereinigen gesucht. Ich habe, nach Abhandlung von Licht, Wärme und den elektrischen und magnetischen Kräften (eine Entleihung aus dem Gebiete der Physik, ohne welche das Studium der Chemie nunmehr unmöglich ist), die Chemie eingetheilt in die unorganische und die organische. Die zwei ersten Theile beschäftigen sich mit der unorganischen Chemie, welche in zwei Hauptabtheilungen zerfällt, in die der Metalloïde und die der Metalle.

Die Metalloïde sind gerade die am allgemeinsten vorkommenden Körper, deren Kenntnifs zuerst nothwendig ist. Es ist darunter begriffen Sauerstoff, Wasserstoff, Stickstoff, Chlor, Schwefel etc. etc., so wie deren gegenseitige Verbindungen. Ich habe eine solche Ordnung beobachtet, dafs man bei einem jeden die Verbindungen angeführt findet, welche es mit den vorhergehenden bildet. Um aber hierbei nicht die Gelegenheit zur Mittheilung allgemeiner theoretischer Ansichten zu verlieren, so habe ich ihre Oxyde und ihre saure Verbindungen mit Wasserstoff besonders abgehandelt, wobei die Artikel: Atmosphärische Luft, Wasser, Sauerstoffsäuren und Wasserstoffsäuren, die Gelegenheit zur Mittheilung allgemeiner Begriffe geben, welche bei einer strengen Befolgung des Aufstellungs-Principes nicht zu erhalten gewesen wäre. Nach diesen folgen die Metalle; ein allgemeiner Ueberblick über dieselben und ihre Verbindungen mit den Metalloïden hat mir Gelegenheit gegeben, ausführlich die allgemeinen Bemerkungen über Salzbasen, d. i. Metalloxyde, über Schwefel-, Phosphor-, Kohlenstoff-, Arsenik- etc. Metalle, so wie die Lehre von den Salzen und die dazu gehörigen allgemeinen theoretischen Begriffe, zu geben. Hierauf folgen die einzelnen Metalle,

und zwar zuvörderst diejenigen, deren Bekanntschaft zuerst erforderlich ist, d. h. die Radikale der Alkalien und Erden, so wie deren Verbindungen mit den Metalloïden. Dafs ich unter den alkalibildenden Metallen und den Alkalien Ammonium und Ammoniak aufgeführt habe, bedarf wohl, wie ich hoffe, selbst aus dem Gesichtspunkte, dafs Ammonium kein einfacher Körper ist, weiter keiner Apologie.

Nach diesen folgen die Metalle, welche Säuren bilden, in der Ordnung, in welcher ihre Säuren weniger sauer werden; und hierauf die Metalle, welche Salzbasen bilden, ungefähr in der Ordnung, in welcher ihre Oxyde stärkere Salzbasen werden.

Die Salze machen eine Abtheilung für sich selbst aus. Sie sind nach den Basen klassificirt. — Dafs ich zu den Salzen noch Kochsalz, Flufsspath, Hydrothionkalium u. a. rechne, wird hoffentlich hinreichend durch die Gründe gerechtfertigt werden, welche ich darüber an ihrem Orte angeführt habe.

Ich habe bis dahin in dem Lehrbuche selten und nur im Vorbeigehn die chemischen Proportionen berührt. Ich habe hier und da die elektrochemische Theorie angedeutet, dieselbe aber nicht entwickelt. Diese beiden wichtigen Lehren enthalten noch so viele Vermuthungen, dafs ich sie nicht eher in ihrer ganzen Ausdehnung darstellen wollte, als bis der Leser hinlänglich mit den Körpern bekannt wäre, um selbst an der Prüfung Theil nehmen zu können, und um nichts auf guten Glauben annehmen zu brauchen. Ich habe daher die vollständige Auseinandersetzung dieser Lehren bis nach Abhandlung der Gegenstände der unorganischen Chemie aufgespart. Es kommt vielleicht die Zeit, da es am richtigsten ist, die Einleitung zur Chemie mit der

Corpuscularphilosophie und den allgemeinen elektrischen Beziehungen der Körper, als vollkommen entwickelten theoretischen Ideen, zu machen, und sicherlich würde dieſs dazu beitragen, die Anzahl von Atomen im Gedächtnisse zu befestigen, wenn bei Beschreibung eines jeden Körpers seine atomistische Zusammensetzung angeführt würde; daſs aber diese Zeit noch nicht gekommen ist, dieſs bezeugen die getheilten Meinungen und die verschiedenen Berechnungsarten, nicht allein hinsichtlich der Methode, die Atomgewichte zu vergleichen, sondern auch hinsichtlich der Art, ihre Anzahl zu berechnen.

So oft es möglich gewesen ist, die relativen Volume, nach welchen sich die, in Gasform gedachten, Bestandtheile der Körper verbunden haben, anzuführen, habe ich die ausführlichere Lehre von der atomistischen Zusammensetzung vorzubereiten gesucht. Nur in wichtigeren Fällen habe ich die Zusammensetzung der Körper in Zahlen angegeben; sie befestigen sich selten im Gedächtnisse, und lassen sich nur unbequem in der Reihenfolge eines Berichtes aufsuchen. Statt dessen habe ich in einer Tabelle, welche alphabetisch und nach einer lateinischen chemischen Nomenclatur angeordnet ist, deren Principien im Artikel: Nomenclatur, im vierten Theile entwickelt sind, die Anzahl der Atome, die Atomgewichte und die procentische Zusammensetzung von gröſstentheils den unorganischen Körpern gegeben, welche der Gegenstand von Berechnungen werden. Ich halte diese für die einzige passende Art, die Zusammensetzungs-Proportionen anzugeben, nachdem ich in so vielen neueren Arbeiten gefunden habe, daſs die Zahlen nicht allein einen groſsen Theil des Raumes im Buche wegnehmen, sondern mir auch schienen die Hauptsache werden zu wol-

len, während die übrige Geschichte der Körper als Nebensache behandelt wird.

Der dritte Theil umfafst die organische Chemie.

Der vierte Theil enthält zuvörderst Vorschriften, in Bezug auf die Art, chemische Analysen anzustellen, und hierauf ein alphabetisches Verzeichnifs von Kunstworten, so wie die Benennungen von Instrumenten und Operationen, mit Beschreibungen und Abbildungen. Ich habe mir vorgestellt, dafs der Anfänger beim Lesen des Buches auf ein nicht genau erklärtes Kunstwort stofsen, und dann unwillkührlich von seinem Lehrer eine nähere Unterrichtung darüber verlangen könne; mangelt ihm dann die Gegenwart des Lehrers, so wird der Anfänger, hoffe ich, nicht ohne Nutzen dieses Wörterbuch um Rath fragen können. Es enthält aufserdem die Beschreibungen von allgemeineren chemischen Arbeiten, womit die älteren Lehrbücher gewöhnlich angefangen wurden, z. B. Abdampfen, Destilliren, Filtriren, Wägen u. s. w.; ich habe darin, aufser dem, was ich von Andern sammelte, die Frucht der Erfahrung niederzulegen gesucht, welche mir eigne Arbeiten verschafft haben, und ich hoffe, darin viele Wegweisung für diejenigen gegeben zu haben, welche sich einmal mit dem Praktischen der Chemie beschäftigen wollen.

Die Geschichte der Wissenschaft, so interessant sie auch ist, macht doch keinen wesentlichen Theil von der Wissenschaft selbst aus. Sie hat daher keine Stelle in diesem Lehrbuche erhalten. Ich habe indessen die Geschichte merkwürdigerer Theorien angeführt, ich habe erwähnt, wann und von wem diejenigen Körper entdeckt worden sind, welche wir nicht seit Alters her kennen, und ich habe gesucht, den ausgezeichneten Talenten Ge-

rechtigkeit widerfahren zu lassen, welche zur Umschaffung oder Erweiterung der Wissenschaft beigetragen haben, so wie denjenigen, durch deren Wirksamkeit sie noch immer erweitert wird; aber ich habe nicht mit der ängstlichen Genauigkeit, welche dem Geiste der gegenwärtigen Zeit eigen zu sein scheint, bei Erwähnung neu hinzugekommener, weniger wichtiger, wiewohl immer interessanter Beobachtungen, den Namen des Chemikers genannt, dem man sie zu verdanken hat. Dieſs, so wie die Citationen der Schriften, aus welchen die einzelnen Thatsachen zusammengetragen sind, kommt ganz und gar dem Handbuche zu, welches das Promemoria des ausgebildeten Chemikers ist; sie interessiren aber nicht die Wissenschaft, welche der ausschlieſsliche Gegenstand des Anfängers und folglich auch des Lehrbuchs ist.

Der Werth eines Lehrbuchs beruht, auſser auf der Ordnung in den Gegenständen, auch auf der Weise, auf welche sie vorgetragen werden. Ich habe mich bestrebt, in der Darstellung so deutlich zu sein, als es mir möglich gewesen ist, und ich habe, besonders im Anfange, mir vorgestellt, daſs der Leser keine vorhergegangene Kenntniſs von eigentlicher Chemie habe. Einige physikalische Kenntnisse muſste ich voraussetzen. Ich habe vorzugsweise den erzählenden Styl gewählt, sorgfältig die häufigen Unterbrechungen und Unterabtheilungen vermieden, welche die Beschreibung eines jeden Körpers gleichsam zu einer Anfüllung eines gedruckten Formulars machen, und ich habe, so viel als möglich war und es die Natur der Materie zuliefs, das Lehrbuch zu einem unterhaltenden Lesebuch zu machen gesucht.

Endlich muſs ich noch um Entschuldigung bit-

ten, wenn auf einer und der andern Stelle noch etwas stehen geblieben sein sollte, welches hinsichtlich seiner Nomenclatur nach neueren theoretischen Ansichten hätte geändert werden müssen, was besonders leicht der Fall sein kann mit der Salzsäure und ihren Salzen. Ich hoffe jedoch, dafs dergleichen nicht an einer solchen Stelle vorkommen soll, wo Verwirrung daraus entstehen kann.

Stockholm, d. 16. Juli 1825.

Jac. Berzelius.

Inhalt.

Ersten Bandes erste Abtheilung.

	Seite
Begriff der Chemie.	1
Verwandtschaft.	1
Eintheilung der Körper.	7
Unwägbare Stoffe.	8
Licht und Wärmestoff.	8
Zertheilung der Sonnenstrahlen.	10
Lichtstoff.	16
Newtons und Eulers System.	23
Wärmestoff.	27
Dessen Radiation.	29
Leitung.	34
Dehnt die Körper aus.	36
Thermometer.	37
Pyrometer.	41
Absoluter Nullpunkt?	43
Schmelzung.	43
Kochen.	44
Verdunstung.	47
Gas.	48
Freie und gebundene Wärme.	49
Dämpfe.	51
Eigenthümliche Wärme.	55
Calorimeter.	56
Wärme durch Druck und Reibung.	59
Kälte.	62
Was ist die Wärme?	68
Elektricität.	69
Positive und negative E.	70
Frictions-Elektricität.	73
Elektrischer Schlag.	77
Licht und Wärme beim Entladen.	79
Elektrophor.	86
Condensator.	88
Erregung der Elektricität durch erhöhte Temperatur.	90
Contacts-Elektricität.	92
El. Säule von Nichtleitern.	94
— Halbleitern.	95
Voltaische Säulen.	100
Die beiden Dimensionen der El. Säule.	110

Seite
Veränderung der Flüssigkeit in der Säule. 113
Entladungserscheinungen der Säule. 116
Physikalische Ersch. 116
Chemische Ersch. 120
Unipolare Leiter. 124
Geschichte der Contacts-Elektricität. 125
Erregung der E. durch einen unbekannten chemischen Prozefs in den Wolken. 130
Blitzableiter. 131
Erregung der E. durch einen eignen organisch-chemischen Prozefs. 132
Magnetismus. 134
Magnetische Polarität. 135
Magnetisiren des Stahls. 137
Erdmagnetismus. 140
Magnetnadel. 141
Abweichung derselben. 143
Chemische Wirkungen der magn. Polarität. 145
Elektromagnetismus. 146
Magnetismus elektrischer Entlader. 148
Erregung durch Frictions-Elektricität. 149
Verstärkung des Magnetismus durch Spirale. 150
Elektromagnetischer Multiplicator. 151
Elektromagnetische Bewegung. 152
Davy's Versuch. 155
Oersteds Erklärung der elektromagnetischen Erscheinungen. 156
Thermoelektrische Erscheinungen. 157
Thermoelektrische Reihe. 158
Thermoelektrische Erschein. durch ein einziges Metall. 160
Flüssigkeiten in der thermoelektr. Reihe 161
Wägbare einfache Stoffe. 163

Unorganische Chemie. 164

Metalloïde. 166

I. Sauerstoff. 168
Feuer, Verbrennung, Oxydation. 176
Oxydirte Körper. 179
1) Suboxyde. 180
2) Oxyde. 181
a) Salzbasen. 181
b) Säuren. 181
3) Superoxyde. 181
II. Brennbare Körper. 183
1. Wasserstoff. 184
Verbindungen mit Sauerstoff. 189
Aëronautik. 198
2. Stick-

Seite

2. Stickstoff. 201
Verbindungen mit Sauerstoff. 206
— — Wasserstoff. 207
3. Schwefel. 209
Verbindungen mit Sauerstoff. 215
— — Wasserstoff. 215
4. Phosphor. 217
Verbindungen mit Sauerstoff. 221
— — Wasserstoff. 224
— — Schwefel. 231
5. Chlor. 235
Verbindungen mit Sauerstoff. 239
— — Wasserstoff. 239
— — Stickstoff. 240
— — Schwefel. 244
— — Phosphor. 246
— — Wasser. 249
6. Jod. 253
Verbindungen mit Sauerstoff. 256
— — Wasserstoff. 256
— — Stickstoff. 256
— — Schwefel. 257
— — Phosphor. 257
— — Chlor. 258
7. Fluor. 260
Allgemeine Betrachtungen über Chlor, Jod und Fluor. 260
Salzbilder. 262
8. Kohlenstoff. 264
Verbindungen mit Sauerstoff. 280
— — Wasserstoff. 281
a) Kohlenwasserstoffgas. 281
b) Oelerzeugendes Gas, 284
mit Chlor. 286
mit Jod. 287
— — Stickstoff. 292
a) Im Minim. v. Kohlengehalt, Cyan. 292
Cyansäure 296
Cyanwasserstoff. 296
Schwefelcyan. 296
Chlorcyan. 297
Jodcyan. 298
b) Im Maxim. v. Kohlengehalt. 298
— — Schwefel. 299
— — Phosphor. 306
— — Chlor. 307
9. Bor. 311
Verbindungen mit Sauerstoff. 313
— — Schwefel. 315
— — Chlor. 315
— — Fluor. 316

Seite

10. Kiesel. 317
Verbindungen mit Sauerstoff. 322
— — Schwefel. 323
— — Chlor. 324
— — Fluor. 325

Metalloïde mit Sauerstoff und mit Wasserstoff. 326

Die atmosphärische Luft. 326
Winde. 332
Verbrennung in der Luft. 334
Eudiometrie. 347
Zufällige Lichterscheinungen in der Atmosphäre. 351

Wasser. 358
Verdampfung. 373
Hygrometrie. 384
Wassermeteore. 389
Regenwasser. 402
Quellwasser. 403
Wasser der Flüsse und Seen. 408
Meerwasser. 409
Destillirtes Wasser. 411
Wasserstoffsuperoxyd. 412
Erweichung fester Substanzen im Wasser 420
Auflösung fester Körper. 421
Krystallisation. 426
Krystallwasser. 429
Verwittern. 431
Deliquesciren. 432
Effloresciren. 433
Auflösung gasförmiger Körper. 434

Bemerkung.

Zu dieser Ersten Abtheilung gehören die Kupfertafeln I. II. IV.

LEHRBUCH DER CHEMIE,

von

J. Jacob Berzelius.

Ersten Bandes erste Abtheilung.

Begriff der Chemie.

Chemie ist die Wissenschaft von der Zusammensetzung der Körper und von ihrem Verhalten gegen einander.

Sie ist nicht längst erst zur Wissenschaft geworden, und verdankt ihre Entwickelung gröfstentheils den Versuchen, Gold zu machen. Die Benennung Chemie ist arabisch. In früherer Zeit hiefs sie Alchemie, worunter man jetzt nur die Goldmacherkunst versteht. Al ist der arabische Artikel, und Alchemie bedeutet daher nichts weiter, als die Chemie.

Mehrere Wissenschaften, Künste und Handwerke beruhen fast einzig und allein auf der Chemie, und sie ist unter allen Wissenschaften die anwendbarste für das gemeine Leben.

Verwandtschaft. Affinität.

Die ganze uns umgebende Welt, mit allen, bis ins Unendliche von einander verschiedenen, zusammengesetzten Körpern, woraus sie gebildet ist, besteht aus einer unbedeutenden Anzahl einfacher Stoffe, welche durch eigenthümliche Kräfte, die man Verwandtschaften nennt, in mannigfaltigen Verhältnissen mit einander vereiniget sind.

Diese Verwandtschaften sind von doppelter Art. Die eine, kraft welcher die kleinsten Theilchen (Moleculen) der Körper unter einander zusammenhängen, nennt man Zusammenhangs-Verwandtschaft oder Cohaesionskraft. Auf die verschiedenen Grade dieser Verwandtschaft gründet sich die verschiedene Festigkeit der Körper; ist sie stark, so ist der Körper hart und fest;

wird sie schwächer, so wird der Körper flüssig wie Wasser; und bei noch gröfserer Abnahme derselben verwandelt sich der Körper in Luft oder Gas. Diese drei verschiedenen Zustände des Zusammenhanges der Körper, den festen, flüssigen und luftförmigen, nennt man Aggregationsformen. Auf dieser Verwandtschaft beruhen auch die regelmäfsigen Gestalten, welche gewisse Körper, bei ihrem Uebergange aus dem flüssigen in den festen Zustand, annehmen, was man in der Chemie Krystallisation der Körper nennt.

Härte, Weichheit, Zähigkeit, Sprödigkeit u. s. w. sind ebenfalls Abänderungen dieser Kraft.

Die Wirkung dieser Verwandtschaft wird durch Pulvern, Feilen u. dgl. mechanisch, durch Erhitzen chemisch aufgehoben.

Die andere Art der Verwandtschaft heifst Vereinigungs-Verwandtschaft. Sie findet nur bei zusammengesetzten Körpern, und zwar zwischen den einfachen Stoffen statt, woraus dieselben zusammengesetzt sind. Durch sie können zwei Körper sich zu einem neuen dritten vereinigen, der oft keine von den Eigenschaften derjenigen Körper behält, aus welchen er zusammengesetzt ist.

So können sich zum Beispiel Schwefel und Quecksilber, vermöge ihrer Vereinigungs-Verwandtschaft, zu Zinnober verbinden.

Man pflegt daher beide Arten der Verwandtschaft so zu beschreiben, dafs erstere, die Zusammenhangs-Verwandtschaft, bei gleichartigen (homogenen) Körpern, z. B. zwischen den kleinsten Körnchen des Zinnobers, die chemische oder Vereinigungs-Verwandtschaft aber zwischen ungleichartigen (heterogenen) Körpern, z. B. zwischen Schwefel und Quecksilber statt finde.

Die Vereinigungs-Verwandtschaft zeigt verschiedene Abänderungen, worunter folgende die vornehmsten sind.

1) Die Grade dieser Verwandtschaft sind bei den meisten Körpern, welche durch sie verwandt sind, nie-

mals von gleicher Stärke, sondern bei dem einen Körper ist sie allezeit gröfser, als bei dem andern.

So hat z. B. das Eisen eine gröfsere Verwandtschaft zum Schwefel als zum Quecksilber; wenn man daher Eisenfeilspähne und Zinnober in hinreichender Menge mit einander mengt und zusammen erhitzt, so vereiniget sich das Eisen mit dem Schwefel, und scheidet das Quecksilber aus, welches dann mit seinen ursprünglichen Eigenschaften wieder hervortritt.

Diese Veränderung der Vereinigungs-Verwandtschaft nennt man Wahlverwandtschaft, weil die Körper von allen übrigen stets denjenigen auszuwählen scheinen, zu welchem sie die gröfste Verwandtschaft besitzen.

2) Eine zweite Verschiedenheit zeigt sich in Hinsicht der Menge der Körper, welche durch ihre Verwandtschaft auf einander wirken, und zwar dergestalt, dafs eine gröfsere Menge eines Körpers von schwacher Vereinigungs-Verwandtschaft einen Theil der stärkeren Verwandtschaft eines in geringerer Menge anwesenden zweiten Körpers überwältigen, das heifst mit wenigen Worten: dafs die Menge bisweilen den Mangel an Stärke ersetzen kann. Indessen erleidet diese Regel bedeutende Ausnahmen.

3) Auch die ungleiche Zusammenhangs-Verwandtschaft (Cohaesionskraft) der Körper bringt Veränderungen hervor. Dieſs ist der Fall, wenn die Neigung eines Körpers zu Annahme der festen oder luftförmigen Gestalt entweder an sich so stark ist, dafs sie jede Verwandtschaft überwältiget, oder wenn derselben noch eine andere schwächere Verwandtschaft zu Hülfe kommt, und dann beide zusammen die stärkere Verwandtschaft der Körper überwinden, welche sonst die flüssige Gestalt beibehalten haben würden.

Die Kohlensäure z. B. ist eine von denjenigen Säuren, die sich am leichtesten aus ihren Vereinigungen mit andern Körpern trennen lassen. Der Grund davon liegt nicht allein darin, dafs diese Säure eine an sich schwächere Vereinigungs-Verwandtschaft, als mehrere andere

Säuren hat, sondern auch in ihrem Streben, Luftgestalt anzunehmen, was so grofs ist, dafs die kleinste Menge davon, die aus einer ihrer Vereinigungen herausgetrieben wird, sogleich in Luftgestalt entweicht, folglich nicht, da sie nicht zurückbleibt, durch ihre Masse fortwirken kann.

4) Endlich wird diese Verwandtschaft auch verändert, wenn mehrere gemischte Körper auf einander wirken.

Wenn zwei Salze, z. B. schwefelsaures Ammoniak und salzsaures Kali, mit einander gemengt werden, so verändert sich die Zusammensetzung beider Salze auf solche Weise, dafs die stärkste Säure sich mit demjenigen Körper vereiniget, zu welchem sie oder auch beide (Säuren) die stärkste Verwandtschaft besitzen, was in diesem Falle das Kali ist; die schwächere Säure hingegen verbindet sich mit dem Körper, zu welchem sie, oder auch beide, die schwächste Verwandtschaft haben, so dafs aus dieser Mischung schwefelsaures Kali und salzsaures Ammoniak entstehen. — Dafs keine solche Veränderung statt finde, wenn die Bestandtheile dieser Salze schon vor dem Zusammenmengen auf diese Weise vereiniget waren, versteht sich von selbst.

Diese Abänderung der Vereinigungs-Verwandtschaft hat man die zusammengesetzte oder doppelte Verwandtschaft genannt.

Ein anderes Beispiel davon ist folgendes. Wenn man Eisenfeilspähne in Wasser legt, so entsteht keine Veränderung, weil die Verwandtschaft des Eisens zu dem einen Bestandtheile des Wassers, dem Sauerstoffe, die gegenseitige Verwandtschaft der Bestandtheile des Wassers, des Wasser- und Sauerstoffs, nicht zu überwältigen vermag. Bringt man aber Schwefelsäure hinzu, so wird dadurch das Verhalten der Verwandtschaften verändert. Die Schwefelsäure hat eine starke Verwandtschaft zu dem mit Sauerstoff verbundenen Eisen (oxydirten Eisen, Eisenoxyd), und diese Verwandtschaft, verbunden mit der ursprünglichen Verwandtschaft des Eisens zum Sauerstoffe, überwindet nun-

mehr die Verwandtschaft des zweiten Bestandtheils des Wassers — des Wasserstoffs — die das Eisen für sich nicht überwältigen konnte, wodurch der Wasserstoff frei wird und in Luftgestalt (als Wasserstoffgas, brennbare Luft) entweicht.

Diese Abänderung hat die wenig passende Benennung **prädisponirende Verwandtschaft** erhalten.

Eintheilung der Körper.

Die auf unserm Erdboden vorkommenden Körper werden in **einfache, unzerlegte** und **zusammengesetzte** eingetheilt.

1) **Einfache Körper** nennen wir diejenigen, von welchen wir mit voller Zuverlässigkeit zu wissen glauben, dafs sie nicht zusammengesetzt sind, und die wir allenthalben als Bestandtheile der übrigen Natur antreffen.

Unsere Voräitern nannten sie Elemente und nahmen an, dafs alle Körper aus vier einfachen Grundstoffen oder Elementen, nämlich aus Erde, Feuer, Luft und Wasser, zusammengesetzt wären. Jetzt wissen wir, dafs die meisten dieser alten Elemente zusammengesetzt sind, und dafs folglich die Begriffe unserer Voräitern unrichtig waren.

2) **Unzerlegte** nennen wir diejenigen Körper, welche wir zwar aus Gründen nicht als einfach ansehn, die wir aber dennoch bis jetzt noch nicht in einfachere Grundstoffe haben zerlegen können, und deren Bestandtheile, im Fall diese Körper zusammengesetzt wären, uns jetzt noch völlig unbekannt sind.

3) **Zusammengesetzte Körper** sind diejenigen, welche mit Hülfe der Chemie in einfachere Bestandtheile zerlegt werden können. So wird z. B. der Zinnober ein zusammengesetzter Körper genannt, weil er sich in Schwefel und Quecksilber zerlegen läfst, und diese beide Körper betrachten wir als einfache, weil sich keine einfacheren Bestandtheile aus ihnen ausscheiden lassen.

Unter den einfachen Körpern giebt es eine gewisse Klasse von Stoffen, welchen mehrere Haupteigenschaften

der übrigen mangeln, die wir daher mit Unsicherheit zu den eigentlichen materiellen Stoffen rechnen, und die deshalb von Manchen nur als Eigenschaften derjenigen Körper betrachtet werden, an welchen sie sich in gewissen Fällen vorfinden.

Das hauptsächlichste Merkmahl ihrer Verschiedenheit von andern Körpern ist, dafs sie ohne Schwere (imponderabel) sind, und für sich selbst keinen wahrnehmbaren Raum einnehmen.

Es sind folgende vier: Licht, Wärme, Elektricität und Magnetismus. Sie haben so vieles mit einander gemein, dafs man wohl vermuthen sollte, dafs einer oder der andere aus den übrigen zusammengesetzt sei, oder dafs sie sämmtlich aus gemeinschaftlichen, einfachen, uns gänzlich unbekannten Grundstoffen bestehen.

Einfache unwägbare Stoffe.

Licht- und Wärmestoff.

Die Erdkugel würde an sich dunkel und kalt sein, wenn sie nicht von der Sonne erleuchtet und erwärmt würde.

Die Sonne ist ein im Mittelpunkte unseres Planetensystemes befindlicher, grofser leuchtender Körper, von welchem unausgesetzt Licht und Wärme mit grofser Schnelligkeit ausströmen, und die sogenannten Sonnenstrahlen bilden. Die Natur der Sonne ist uns unbekannt. In Hinsicht ihrer Eigenschaft, zu leuchten und zu erwärmen, könnte man sie mit einer weifsglühenden Eisenkugel in dem Augenblicke vergleichen, wo diese aus dem Heerde genommen wird; allein selbst dieses Gleichnifs ist unpassend, weil die Eisenkugel jene Eigenschaft sehr schnell wieder verliert, während sie bei der Sonne ohne Abnahme und Aufenthalt fortdauert. Man hat in neuerer Zeit die Idee aufgestellt, dafs die Quelle der Sonnenstrahlen eine Art von Atmosphäre sei, welche den, übrigens dunklen Körper der Sonne umgebe, und ist auf

diese Vorstellung dadurch geleitet worden, dafs man die Sonnenflecken für Oeffnungen in dieser Lichtatmosphäre gehalten hat, durch welche der dunkle Sonnenkörper sichtbar werde; indessen ist auch dieses eine bloſse Vermuthung.

Die Sonnenstrahlen strömen mit einer solchen Geschwindigkeit aus, dafs sie nur $8\frac{1}{2}$ Minuten Zeit brauchen, um den unermeſslichen Raum zwischen der Erde und Sonne zu durchlaufen. Sie gehen beständig in gerader Linie fort, breiten sich aber dabei so aus, dafs ihre Dichtheit in demselben Verhältnisse abnimmt, in welchem die Quadrate ihrer Entfernung von der Sonne zunehmen. Das heifst: wenn die Erde doppelt so weit von der Sonne entfernt wäre, als sie es wirklich ist, so würden 4 Sonnen nöthig sein, um dieselbe eben so stark als jetzt zu erleuchten und zu erwärmen; wäre der Abstand dreimal so groſs, so würden 9 Sonnen, bei vierfacher Entfernung 16 Sonnen u. s. f. erfordert werden.

Wenn die Sonnenstrahlen auf einen Körper treffen, so wird dieser dadurch sichtbar, dafs sie von seiner Oberfläche zurückgeworfen werden, nach Gesetzen, welche die Physik lehrt.

Verschiedene Körper haben die Eigenschaft, die Sonnenstrahlen unverändert durch sich hindurch gehen zu lassen. Diese werden Leiter für das Licht, oder im täglichen Leben durchsichtig genannt. Wenn aber die Sonnenstrahlen in einen solchen durchsichtigen Körper eintreten, so wird ihre gerade Linie verändert, und nach Verschiedenheit der Brennbarkeit, Dichtheit und Oberfläche des Körpers, auf unterschiedliche Weise gebrochen. Kommen die Strahlen aus einem dünneren durchsichtigen Körper in einen dichteren, z. B. aus der Luft in das Wasser, so werden sie einer geraden Linie, die man vom Einfallspunkte lothrecht auf die brechende Oberfläche ziehen kann, zu gebrochen; und umgekehrt, wenn sie aus einem dichteren in einen dünneren übergehn. Darauf gründet sich der bekannte Versuch, dafs, wenn man ein Stück Geld in eine Schüssel legt, und sich so weit davon

entfernt, dafs das Geld durch den Rand der Schüssel dem Auge verdeckt wird, dasselbe dann wieder zum Vorschein kommt, wenn man die Schüssel voll Wasser gießt. Diese Eigenschaft der Körper, das durch sie hindurchgehende Licht zu brechen, wird durch die verschiedene Natur der Körper verschiedentlich verändert, und ist im Allgemeinen am stärksten bei den brennbaren Körpern. Daher werden die Sonnenstrahlen von Diamant, Naphta, Wasserstoffgas u. a. weit stärker gebrochen, als es in Verhältnifs der Dichtheit dieser Körper geschehen sollte.

Durch die verschiedene Form der Oberfläche der Körper, kann man eine verschiedene Brechung der Lichtstrahlen hervorbringen, sowohl beim Ein- als Austritt der Lichtstrahlen; hierauf gründet sich die Lehre von den Augengläsern, Brenngläsern u. s. w., oder die Dioptrik. Die Gesetze der Strahlenbrechung sind rein mathematisch, und gehören in die Physik, ihre Wirkungen aber sind auch ein Gegenstand der Chemie.

Zertheilung der Sonnenstrahlen.

Läfst man in einem vollkommen finsteren Zimmer die Sonnenstrahlen durch ein kleines Loch auf ein Glasprisma, oder auf ein eckig geschliffenes Glas fallen, und hält in einem gewissen Abstande ein weifses Papier dahinter, so erhält man eine längliche, an den Enden abgerundete Figur, die aus sieben der schönsten Farben besteht, welche allmählich eine in die andere übergehen. Dieses Bild, welches man das Farbenbild (*Spectrum prismaticum*) nennt, fällt etwas unterhalb der geraden Linie der Sonnenstrahlen auf das Papier, weil diese durch das Glas gebrochen werden. Wendet man eine Kante des Prisma's nach oben, so ist das Farbenbild zu oberst roth, wird dann pomeranzengelb, gelb, grün, hellblau, dunkelblau und zu unterst veilchenblau.

In diesem Farbenbilde hat Frauenhofer einige dunkle Linien gefunden, die bei derselben Art Licht immer beständig sind, und die ich, da ihr Dasein eigent-

lich ein Gegenstand einer physikalischen Untersuchung ist, hier nicht anführen würde, wenn sie nicht Veränderungen nach den verschiedenen Quellen, woher das Licht kommt, unterworfen wären. So z. B. hat in dem Farbenspiegel, den die Strahlen der Sonne, des Mondes und der Planeten geben, das Dunkelgelbe eine doppelte schwarze Linie, dahingegen ist auf derselben Stelle in dem Farbenspiegel des Feuerlichtes eine doppelte Linie eines hellern Lichtes *).

Stellt man einen Tisch so auf, dafs das ganze Farbenbild klar und deutlich darauf fällt, bringt dann in jede der 7 Hauptfarben ein Thermometer, und stellt endlich zwei andere Thermometer aufserhalb desselben nahe an die abgerundeten Enden des Bildes, so zeigen sich folgende Erscheinungen. Die Thermometer, welche im violetten Strahle und nächst diesem aufserhalb des Farbenbildes stehen, werden nicht erwärmt; in der blauen Farbe bemerkt man schon ein kleines Steigen des Thermometers, noch mehr im Grünen; im Pomeranzengelben und Rothen nimmt die Erwärmung immer mehr und mehr zu, bis endlich aufserhalb dem Bilde, in gewissem Abstande vom rothen Ende desselben, die Temperatur am höchsten steigt, so dafs die meiste Wärme in geringer Entfernung vom rothen Ende des leuchtenden Farbenbildes entwickelt wird.

Dieſs beweist deutlich, dafs die Sonnenstrahlen bei ihrem Durchgange durch das Prisma in leuchtende gefärbte und in nichtleuchtende erwärmende Strahlen zertheilt, und beide auf verschiedene Weise gebrochen werden, daher sie auch nach der Brechung nicht

*) Frauenhofer hat dieses Verhalten in den Farbenspiegeln verglichen, die von verschiedenen Fixsternen gebildet werden, und gefunden, dafs in dem vom Sirius und Castor keine schwarze Linie in dem gelben, aber eine im grünen und zwei im blauen sind. Pollux hingegen giebt einen wie das Sonnenlicht. Es wäre nicht unmöglich, dafs diese Beobachtungen, die beim ersten Anblick so wenig versprechen, uns einst zu grofsen Schlüssen, die Natur der Lichtentwickelung bei den selbstleuchtenden Himmelskörpern betreffend, führen können.

auf einerlei Stelle fallen, sondern zwei verschiedene Spectra bilden, wovon das erwärmende das längste ist. Die dichtesten von den erwärmenden Strahlen, die am wenigsten gebrochen werden, fallen etwas auſserhalb der rothen, und die gefärbten Strahlen, welche die stärkste Brechung erleiden, fallen mit den am wenigsten concentrirten erwärmenden auf eine Stelle. Wenn z. B. Taf. I. Fig. 1. AB das Bild der gefärbten Strahlen darstellt, welches, wegen der stärkeren Brechung dieser Strahlen, das längere ist; so fällt das Spectrum der erwärmenden Strahlen ungefähr in AD, so daſs bei D die dichtesten Strahlen einfallen, und nach A zu immer mehr abnehmen.

Die Zerlegung des Sonnenlichts in leuchtende und erwärmende Strahlen wurde zuerst von Herschel entdeckt, wiewohl einige Zeit vorher schon Rochon gefunden hatte, daſs verschieden gefärbte Strahlen auch eine verschieden erwärmende Kraft besitzen. Herschels Versuche sind späterhin von andern Naturforschern wiederholt und bestätigt worden. Allein man hat gefunden, daſs der Stoff, aus welchem das Prisma gefertiget ist, Einfluſs auf die Resultate hat. So fällt, nach Seebeck's Versuchen, der wärmste Punkt auſserhalb des rothen Strahles, wenn das Prisma aus englischem Flintglase gemacht, in dem rothen Strahl selbst aber, wenn es aus Kronenglase oder gewöhnlichem weiſsen Glase verfertiget ist, und wenn man, statt eines aus dem Ganzen verfertigten Prisma's, sich eines solchen bedient, was aus Glasscheiben zusammengesetzt und mit Wasser, Alkohol oder Terpenthinöl gefüllt ist, so fällt die stärkste Wärme in den gelben Strahl.

Inzwischen erleiden die Sonnenstrahlen im Prisma noch eine anderweitige Zerlegung. Scheele entdeckte nämlich, daſs ein Papier, welches mit Chlorsilber (einem schneeweiſsen Körper, der die Eigenschaft besitzt, vom Sonnenlichte geschwärzt zu werden) bestrichen ist, wenn man das Farbenbild durch das Prisma darauf fallen läſst, in dem rothen Strahle nicht verändert, dagegen aber am äuſsersten Ende des Violetten vorzüglich stark geschwärzt

werde. Diese Versuche sind späterhin mit der gröfsten Genauigkeit von Ritter, Wollaston, Böckmann, Seebeck und Bérard wiederholt worden, und alle stimmen dahin überein, dafs, so wie das rothe Ende das wärmste ist, das violette Ende dagegen die Eigenschaft, das Chlorsilber zu schwärzen, am stärksten besitze. Bérard fand, dafs die eine Hälfte der Strahlen des Farbenbildes, vom rothen Ende an gerechnet, wenn man sie in einem doppeltconvexen Glase auffängt, sich in einen farbenlosen, unbeschreiblich stark leuchtenden Brennpunkt sammeln läfst, welcher auf das Chlorsilber nicht die mindeste Wirkung äufsert; wogegen der weniger leuchtende Brennpunkt der violetten Hälfte dasselbe in wenigen Minuten vollkommen schwärzt. Seebeck hat gefunden, dafs Chlorsilber, das dem rothen Strahle lange ausgesetzt wird, eine blafs rosenrothe Farbe davon annimmt, und wenn das Prisma aus Flintglas besteht, so röthet sich das Oxyd zunächst aufserhalb der rothen Strahlen, wo die stärkste Wärme hinfällt, am meisten. Dieselbe Farbenveränderung erleidet das Chlorsilber, wenn es bis zu einem gewissen Grade erhitzt und eine Weile in dieser Temperatur erhalten wird.

Sonnenstrahlen, die durch gefärbtes Glas gehn, bringen gleiche Wirkungen, wie die gleichgefärbten Strahlen des Farbenbildes, hervor, so dafs Chlorsilber hinter blauem und violettem Glase geschwärzt wird, hinter rothem und pomeranzengelbem aber nicht. Vielmehr wird es hinter rothem Glase roth, und zwar weit leichter, als im prismatischen Farbenbilde selbst. Seebeck hat ferner die Beobachtung gemacht, dafs, wenn man ein Papier mit einer neutralen und nicht allzu concentrirten Goldauflösung (aus welcher das Gold durch das Licht reducirt wird) bestreicht, und einen Theil dieses Papiers trocknet und im Dunkeln aufbewahrt, einen andern Theil aber nach dem Trocknen einige Augenblicke der Einwirkung des Sonnenlichts aussetzt, jedoch derselben wieder entzieht, ehe noch eine sichtbare Wirkung davon eintritt, und dann diesen Theil des Papiers mit dem andern (im Dunkeln)

aufbewahrt, derselbe allmählich im Finstern eben derselben Farbenveränderung durch die Reduction des Goldes unterliege, als wenn er immer am Tageslichte gelegen hätte, wogegen das andere Stück sich nicht im mindesten verändert.

Man hat ferner zu finden geglaubt, daſs die beiden äuſsersten Enden des prismatischen Farbenbildes auch entgegengesetzte chemische Wirkungen hervorbrächten, so daſs das violette Ende reducire oder die Reduction befördere, das rothe Ende hingegen die Oxydation begünstige, und man hat daher in der Zertheilung des Lichts etwas völlig Analoges mit den Wirkungen der getrennten entgegengesetzten Elektricitäten finden wollen. Ritter wollte beobachtet haben, daſs das geschwärzte Chlorsilber von den rothen Strahlen oxydirt und weiſs werde, was jedoch allen anderen Erfahrungen widerspricht. Umgekehrt fand Wollaston, daſs Guajakharz im violetten Strahle, unter Einschlucken von Sauerstoffgas, grün werde, und Bérard beobachtete, daſs ein Gemenge von Wasserstoffgas und Chlorgas von den violetten Strahlen entzündet werde, was in keinem andern Theile des Farbenbildes der Fall war. Seebeck hat gezeigt, daſs dieſs auch hinter violettem, nicht aber hinter rothem und gelbem Glase statt finde. Dagegen gelang es Wollaston, einen wahren Gegensatz von chemischer Wirkung an den beiden Enden des Farbenbildes auf die Weise zu entdecken, daſs er ein Papier mit Guajaktinktur gelb färbte, und dasselbe erst den concentrirten Strahlen am violetten Ende aussetzte, wo es grün wurde, dann aber in die concentrirten Strahlen des rothen Endes brachte, wo es seine gelbe Farbe wieder annahm. Allein da er nachher fand, daſs die grüne Farbe sich auch durch bloſse Erwärmung des Papiers wieder in die gelbe verwandele, so kann man die Wiederherstellung dieser Farbe am rothen Ende auch als eine bloſse Wirkung der wärmenden Strahlen betrachten, besonders da bekanntlich mehrere Pflanzenfarben in + 100° bis 120° trockener Wärme, eben so gut als vom Sonnenlichte gebleicht werden.

Eine andere Beobachtung ist, dafs gewisse Körper, z. B. Schwefelbarium, Schwefelstrontium, Schwefelcalcium, manche Diamante, verschiedene Abänderungen des Flufsspaths u. dgl. m., wenn sie dem Sonnenlichte auf einige Augenblicke ausgesetzt werden, eine Zeitlang im Finstern leuchten. Wilson und Ritter haben ausgemittelt, dafs diese Erscheinung vorzüglich durch das violette Farbenende hervorgebracht werde, und dafs Körper, die im Dunkeln leuchten, diese Eigenschaft augenblicklich verlieren, wenn man sie dem rothen Ende aussetzt.

Diese bisher bekannt gewordenen Thatsachen deuten offenbar auf eine ungleiche Beschaffenheit der in die Endpunkte des Farbenbildes fallenden Strahlen hin. Wenn wir uns indessen in unseren Schlufsfolgerungen, besonders da, wo von allgemeinen und weitumfassenden Gegenständen die Rede ist, nicht übereilen wollen; so müssen wir auch bekennen, dafs diese Umstände uns noch nicht zu der Annahme berechtigen, dafs dieser Gegensatz gerade in Oxydation in dem einen, und in Reduction in dem andern Ende des Farbenbildes bestehe, so glaublich es auch sein mag, dafs diese Idee künftig durch ausgedehntere Untersuchungen sich als wahr bestätigen dürfte. Wir werden in der Folge sehn, dafs die beiden Elektricitäten, von welchen wir durch Erfahrung wissen, dafs die eine die Reduction, die andere die Oxydation befördere, sobald sie sich vereinigen und als Elektricitäten verschwinden, sich als strahlendes Licht und Wärme offenbaren. Welche herrliche Entdeckung würde es daher sein, wenn man dahin gelangte, aus dem strahlenden Lichte die Eigenschaften herleiten zu können, durch welche die verschwundenen Elektricitäten sich auszeichnen!

Morichini giebt an, dafs das violette Licht die Eigenschaft besitze, eine darin aufgehängte Compafsnadel, nach einer halbstündigen Bestrahlung, magnetisch zu machen. Dieser Versuch ist indessen nicht allen, die ihn wiederholt haben, gelungen, und man hat geglaubt, dafs er nur bei vollkommen klarer Luft gelinge, aber mislinge, wenn die Atmosphäre mit Dünsten angefüllt ist und der

Himmel eine bleiche Farbe hat. Diese Angabe bedarf daher noch einer weitern Bestätigung, ehe sie für richtig angenommen werden kann.

Die Sonnenstrahlen sind folglich aus denjenigen Stoffen zusammengesetzt, die uns das Gefühl des Lichts und der Wärme verursachen.

Lichtstoff.

Ob das farbenlose Licht, nach Newtons Vermuthung, aus jenen sieben Hauptfarben zusammengesetzt sei, oder ob diese Farben durch Vereinigung des Lichtstoffs mit verschiedenen Mengen Wärmestoff entstehen, wie man in neuerer Zeit hat vermuthen wollen, lasse ich hier auf sich beruhen.

Die Farben der Körper entstehen durch Zersetzung der Sonnenstrahlen, indem ihre Oberflächen gewisse Strahlen zurückwerfen, die übrigen aber zurückbehalten; so wird z. B. ein Körper blau genannt, dessen Oberfläche die blauen Strahlen zurückwirft, alle übrigen aber einsaugt u. s. w. Durch die bis ins Unendliche verschiedene Mengung der zurückgeworfenen Strahlen entsteht die unendliche Nüancirung der Farben der Körper. Schwarze Körper saugen alle Lichtstrahlen ein, weiſse hingegen werfen dieselben sämmtlich zurück.

Bei jeder Zerlegung der Lichtstrahlen in Farben wird auch Licht und Wärme in höherem oder geringerem Grade ausgeschieden, je nachdem die zurückgeworfenen Strahlen in ihrer Grundmengung mehr oder weniger Wärmestoff aufnehmen. Daher wird ein schwarzer Körper von den Sonnenstrahlen erhitzt, weil er alles oder fast alles Licht in sich aufnimmt, wobei die Wärme der Strahlen in ihm frei wird, und sich den nächsten Körpern mittheilt. Nach ihm folgen in den Graden der Erwärmung die violetten, blauen, grünen, gelben und rothen Körper; weiſse werden am wenigsten erwärmt, und vollkommen polirte Spiegel, besonders metallene, nehmen gar keine

keine Wärme an, weil sie die Strahlen ganz unverändert zurückwerfen.

Aus den sieben gefärbten Strahlen läfst sich wieder ein farbenloses Licht zusammensetzen, wenn man sie mit einem grofsen Brennglase auffängt; allein dieses farbenlose Licht entsteht nur erst im Brennpunkte, und hat auch da noch einen farbigen Rand, weil sich die farbigen Strahlen nicht vollkommen genug vereinigen lassen. — Macht man sich eine runde Scheibe von Holz oder Pappe, und theilt sie in sieben Ausschnitte dergestalt ein, dafs der Ausschnitt für die rothe Farbe 45°, für das Pomeranzengelbe 27°, für das Gelbe 48°, fürs Grüne 60°, für das Hellblaue 60°, für das Dunkelblaue 40°, und für das Violblaue 80° beträgt, und bemalt diese Ausschnitte mit möglichst klaren Farben, so erscheint die Scheibe vollkommen weifs, wenn sie mit einer gewissen Schnelligkeit umgedreht wird.

Wenn die Lichtstrahlen durch ein auf beiden Seiten convex (erhaben) geschliffenes Glas, z. B. durch ein gewöhnliches Brennglas hindurchgehn, so werden sie, wie die Physik lehrt, gegen den Mittelpunkt des Glases zu dergestalt gebrochen, dafs sie hinter dem Glase einen Kegel bilden, und, nach der mehrern oder mindern Convexität des Glases, in kürzerem oder weiterem Abstande in einen Punkt zusammentreffen, den man den Brennpunkt oder Focus nennt. Hält man in diesen Punkt einen undurchsichtigen Körper, so fallen auf diesen kleinen Raum alle Sonnenstrahlen zusammen, welche durch das ganze Brennglas durchgegangen sind, und setzen allen Wärmestoff, der sich über einen Raum von der Gröfse des Brennglases verbreitet haben würde, auf diesem einzigen Punkte ab. Daher entsteht in diesem Punkte eine Wärme, die nach Verschiedenheit der Gröfse und Erhabenheit des Glases von einer schwachen Glühhitze bis zum höchst möglichen Grade der Hitze gehen kann, den wir hervorzubringen vermögen. Hierbei ist aber noch zu erinnern, dafs der Brennpunkt der wärmenden Strahlen nicht ganz genau mit dem Punkte der leuchtenden Strahlen zusam-

men fällt, sondern weil jene weniger gebrochen werden, eine kleine, kaum bestimmbare Strecke hinter den Lichtpunkt.

Wollaston fand mittelst eines zu diesem Versuch eingerichteten ringförmigen Prisma's (welches aus einem doppeltconvexen, in der Mitte bis auf einen gewissen Abstand von dem Umkreise mit schwarzem Papiere überzogenen Glase bestand), dafs, wenn das Licht dadurch farbig gebrochen wurde, der Brennpunkt der wärmenden Strahlen etwa um $\frac{1}{42}$ seiner ganzen Entfernung vom Glase weiter wegfalle, als der Brennpunkt der leuchtenden Strahlen.

So lange die Strahlen durch Leiter oder durchsichtige Körper gehn, werden sie nicht zerlegt, und der durchsichtige Körper nimmt keine Wärme an; je weniger durchscheinend aber die Körper sind, desto mehr werden sie erwärmt. Daher setzen die Sonnenstrahlen in der Luft nur wenig Wärmestoff ab, weil die Luft der beste bekannte Lichtleiter ist; das Glas hingegen, und selbst das reinste, ist schon ein geringerer Leiter als die Luft, zersetzt daher schon einen kleinen Theil der Strahlen, und wird dadurch erwärmt. Dieser Umstand macht, dafs in der höheren Atmosphäre eine stete Kälte vorwaltet, weil die Sonnenstrahlen dort keinen Körper antreffen, welcher ihren Wärmestoff ausscheidet. Aus diesem Grunde ist auch die Wärme auf hohen Bergen so gering, weil die Sonnenstrahlen dort auf eine so unbedeutende Körpermasse treffen, dafs die aus ihnen entwickelte Wärme von der umgebenden Luft immer wieder fortgeführt wird. Hierzu kommt noch, dafs die Sonnenstrahlen in der wärmsten Zeit auf die Abhänge der Berge in schräger Richtung, und daher weniger dicht auffallen. — Dunkle Körper, die alles Licht einsaugen, scheiden auch allen Wärmestoff aus, daher der Erdboden mehr erwärmt wird, als das Meer.

Man hat diese Eigenschaft der Körper benutzt, um die Intensität (Dichtheit) des Lichtes zu messen, und zwar auf die Weise, dafs man von zwei ziemlich gleich gehenden Thermometern die Kugel des einen geschwärzt hat.

Im Dunkeln gehen beide gleich, am Tage aber steigt das geschwärzte höher, als das andere, und das zwar um so mehr, je stärker das Licht ist, was auf beide fällt. Ein solches Instrument nennt man einen Lichtmesser oder Photometer. Es wurde von Pictet erfunden. Leslie fand durch die damit angestellten Versuche, dafs das Sonnenlicht eine 12,000 Mal stärkere Intensität als ein Wachslicht hat, so dafs ein Stückchen Sonne von der Gröfse einer Lichtflamme so viel als 12,000 Wachslichter zusammen leuchten würde. Mittelst desselben Instruments kann man auch die Durchsichtigkeit der Körper messen. So fand Leslie, dafs z. B. von 100 Lichtstrahlen trockner Cambrik 80, nasser Cambrik 93, feines Papier 49, geöltes Papier 80 Strahlen u. s. w. durchlassen.

Die Sonnenstrahlen sind sonach an und für sich nicht warm, sondern geben dann erst Wärme, wenn sie von nichtleitenden Körpern zersetzt und eingesaugt werden, daher man lange glaubte, die Sonnenstrahlen würden dadurch wärmend, dafs sie einen auf der Erde befindlichen eigenen Wärmestoff in Bewegung setzten. Nach Leslie's photometrischen Versuchen betrug unter der Breite von Edinburg im Sommer zur Zeit der Sonnenwende die wärmeerregende Kraft der Sonnenstrahlen beim Untergange der Sonne 90° Fahr. oder + 32° C. Im Winter hingegen war ihre höchste wärmende Kraft = 25° Fahr. oder — 3°,6 C. Die Sonnenstrahlen, welche an einem Sommertage durch einen mit lichten Wolken bedeckten Himmel durchströmen, betragen unter derselben Breite 16° bis 20° C., im Winter aber nur 6° bis 9° C.

Bei jeder Verbrennung entstehen Strahlen, die den Sonnenstrahlen ähnlich, jedoch weit weniger dicht und mit dem in ihnen enthaltenen Wärmestoffe weit schwächer verbunden sind. Man kann sich leicht von der wärmenden Natur dieser Strahlen überzeugen, wenn man sich im Winter in einem kalten Zimmer vor ein Kaminfeuer stellt; man fühlt die Hitze oft in ziemlicher Entfernung vom Feuer, ungeachtet die Zimmerluft nicht davon erwärmt wird. Die Ursache davon ist, dafs die Feuerstrah-

len ihren Wärmestoff nicht unmittelbar an die Luft als Leiter, sondern erst dann absetzen, wenn sie auf einen undurchsichtigen Körper stofsen. Daher schmilzt auch das Eis an den Fenstern, sobald es von den Strahlen des Kaminfeuers erreicht wird, wenn auch das Zimmer selbst noch so kalt ist, dafs zwischen dem Fenster und der Feuerstätte Wasser im Schatten noch gefrieren kann.

Die Strahlen des Feuerlichts können eben so, wie die Sonnenstrahlen, gebrochen, verdichtet und zerlegt werden, enthalten aber eine weit geringere Menge Wärmestoff, und lassen ihn auch viel leichter fahren. Wenn man sie daher durch ein Brennglas zu verdichten versucht, so wird das Glas erwärmt, und die leuchtenden Strahlen gehen fast allein hindurch. Dabei findet der besondere Umstand statt, dafs die Wärmestrahlen des Feuers mit weit geringerem Verluste durch ein Brennglas von so dunkler Farbe gehen, dafs es undurchsichtig ist, so dafs man sagen könnte, dafs da, wo die Lichtstrahlen durchgehen, die wärmenden zurückbleiben und so umgekehrt. Auf gleiche Weise verhält es sich mit gläsernen Brennspiegeln; mit guten metallenen Brennspiegeln hingegen kann man die Feuerstrahlen verdichten, und, nach Verhältnifs ihrer verschiedenen Intensität, Körper, die man in ihren Brennpunkt bringt, erhitzen oder auch anzünden. Die Strahlen des Feuers sind demnach nicht ganz so zusammengesetzt, wie die Sonnenstrahlen, ungeachtet sie, wie diese, durch das Prisma in die sieben Hauptfarben zertheilt werden können, wobei sie, wie oben angeführt worden, auch nicht die dunklen Linien zeigen, die in dem Farbenbilde des Sonnenlichtes sich zeigen.

Ob Wärmestoff für die Natur eines Lichtstrahls nothwendig bedingt sei oder nicht, ist noch nicht mit Sicherheit bekannt; dafs aber ein Lichtstrahl einen grofsen Theil seines Wärmestoffs verlieren, und doch noch ein Lichtstrahl bleiben könne, sehn wir nicht nur an den Feuerstrahlen, welche durch ein Brennglas gehn, sondern auch am Mondlichte, was durch die vom Monde zurückgeworfenen Sonnenstrahlen gebildet wird, welche ihren Wär-

mestoff und einen grofsen Theil ihres Lichts auf der sie verschluckenden Oberfläche des Monds zurücklassen, und dadurch ihre Eigenschaft, zu wärmen, gänzlich verlieren.

Viele Körper geben auch ohne Verbrennung ein schwaches Licht von sich, das zwar hinlänglich sichtbar ist, aber nicht zum Erleuchten ausreicht, wie z. B. manche lebende Thiere, faulende Thier- und Pflanzenstoffe, mehrere Steinarten, wenn man sie gelind erwärmt, oder gegen einander stöfst und reibt, Zucker, wenn er gestofsen wird u. s. w. Verschiedene Salze, wenn sie krystallisiren, geben in der Flüssigkeit leuchtende Farben, die bisweilen sehr schnell auf einander folgen, wie z. B. schwefelsaures Kali, flufsspathsaures Natron. Sauerstoffgas und Luftarten, die Sauerstoffgas enthalten, werden durch eine schnelle und starke Zusammendrückung auf einen Augenblick leuchtend. Woher das Licht in diesen Fällen komme, ist uns eben so unbekannt, als wir in den meisten Fällen nicht wissen, ob dieses Licht einigen Wärmestoff enthalte.

Die Lichtstrahlen haben mancherlei Einfluſs auf die Zusammensetzung mehrerer Körper, wobei sich die Strahlen der Sonne, durch ihre unendlich gröfsere Dichtheit, wieder vor allen andern auszeichnen. Ihre gewöhnlichste Wirkung ist, dafs sie verschiedene oxydirte oder verbrannte Körper wieder in ihren ursprünglichen brennbaren Zustand versetzen, wobei der Sauerstoff in Gasgestalt ausgeschieden wird. So färben sie z. B. reine und concentrirte Salpetersäure gelb oder roth, während ein Theil ihres Sauerstoffs in Gasgestalt entweicht; oxydirte Salzsäure wird durch sie in gewöhnliche verwandelt, und der überschüssige Sauerstoff dabei frei. Aus manchen Goldauflösungen fällen sie theils das Gold in metallischer Gestalt, theils entziehen sie ihm einen Theil des Sauerstoffs. Silbersalze werden durch das Licht theils zu metallischem Silber reducirt, theils geschwärzt, besonders zeigt das Chlorsilber diese Eigenschaft.

Das Licht bleicht und zerstört die meisten vegetabilischen Farben. Wir sehen täglich, wie das Sonnenlicht unsere gefärbten Zeuche ausbleicht und die meisten ihrer

Farben vernichtet. Ein des schnellen Verlaufs halber sehr interessantes Beispiel liefert die aus Kirsch- und Fliederblättern mit Spiritus bereitete grüne Tinktur, wenn man sie in die Sonne stellt. Sie verliert innerhalb zwanzig Minuten ihre Farbe, die sie auf einer dunklen Stelle sehr lange unverändert behält. Schon Rumford vermuthete, daſs diese Wirkungen hauptsächlich in der erwärmenden Kraft der Strahlen ihren Grund haben dürften, und Gay-Lussac und Thénard haben durch Versuche dargethan, daſs solche Farben, welche in der Sonne langsam verschieſsen, in wenigen Minuten gebleicht werden können, wenn man sie einer warmen Luft aussetzt, deren Hitze die Temperatur des kochenden Wassers übersteigt, aber nicht so stark sein darf, daſs sie die gefärbten Stoffe verbrennt.

Die meisten lebendigen Pflanzen, welche im Dunkeln aufwachsen, werden farbenlos, hoch und schmächtig, und erlangen ihre grüne Farbe und Festigkeit erst im Sonnenlichte. — Pflanzen und Bäume, die wir in unseren Zimmern ziehen, neigen sich nach dem Fenster zu, und die im Freien wachsenden richten sich stets in die Höhe, und bilden, wenn sie sich auf den Boden legen, Kniee, um sich wieder aufzurichten, weil sie von oben herab am besten vom Lichte bestrahlt werden. — Auch Thiere können ohne Licht nicht gedeihen und sich wohl befinden, wie wir an vielen Beispielen solcher Thiere sehen, die lange in dunklen Behältnissen eingeschlossen gewesen sind. Ganz entgegengesetzt verhält es sich mit Saamen und Embryonen, die während ihrer Entwickelung von undurchsichtigen Körpern umgeben werden.

Sollten diese Veränderungen, welche die Sonnenstrahlen erzeugen, ihren Grund in der Entwickelung von Wärme haben, so müſste diese durch die nächsten Umgebungen augenblicklich wieder so herabgestimmt werden, daſs die Temperatur, bei welcher die chemische Wirkung vor sich geht, durch das Thermometer nicht entdeckt werden könnte.

Was das Licht eigentlich sei, ob es aus einem eigen-

thümlichen Stoffe bestehe, oder durch eine Vereinigung der so eben beschriebenen chemischen Strahlen mit dem Wärmestoffe gebildet werde, vermögen wir nicht zu bestimmen. Wenn es von undurchsichtigen, besonders dunkelfarbigen Körpern eingesogen wird, so verschwindet es gänzlich, und wir finden dennoch, dafs weder diese Körper, wenn sie auch das Licht Jahre lang verschluckt haben, am Gewichte zunehmen, noch dafs die Sonne durch das beständige Ausströmen von ihrer leuchtenden Kraft verliere. — Weil das eingesogene Licht gänzlich verschwindet, so glaubte man eine Zeitlang, das Licht entstehe durch die Bewegung eines hypothetisch angenommenen feinen Stoffes, Aether genannt, der den unermefslichen Weltraum allenthalben ausfülle, und dessen Bewegung durch die Sonne unterhalten werde.

Zwei Theorien über das Licht haben die Meinungen der Naturforscher getheilt. Newton zeigte, dafs die Erscheinungen sich am leichtesten erklären liefsen, wenn man annähme, das Licht sei ein Stoff, dessen unendlich kleine Theilchen mit grofser Schnelligkeit in gerader Richtung fortgestofsen würden. Der Abstand ihrer Theilchen von einander könne sehr grofs, z. B. noch gröfser als der halbe Erddurchmesser sein, ohne dafs unsere Sinne die mindeste Lücke zwischen ihrer Aufeinanderfolge bemerken können, und daher könnten die Strahlen sich in jeder Richtung durchkreuzen, ohne einander in ihrem Wege aufzuhalten. — Diese Hypothese setzt also voraus, dafs ein Stoff von dem leuchtenden Körper ausgehe, und auf die Sonne angewendet, dafs jener Stoff unaufhörlich von ihr ausströme; daher hat diese Hypothese den Namen Emanations-System erhalten.

Man hat dagegen eingewendet, dafs die Sonne auf diese Weise fortdauernd an Masse verlieren müfste, und, da uns eine solche Verminderung nicht bemerkbar werde, auch das Emanations-System folglich ohne allen Grund sei. Allein abgesehen davon, dafs die Masse der Sonne durch ihr Leuchten wohl vermindert werden könnte, ohne dafs es uns wegen der Kürze der Zeit, auf welche unsere

Beobachtungen beschränkt sind, bemerklich würde; so scheinen doch andere Umstände die befürchtete Verminderung des Sonnenkörpers wenig wahrscheinlich zu machen. Wir haben gesehen, dafs die Masse der Körper, auf welchen die auffallenden Sonnenstrahlen verschwinden, keine Vermehrung erhält, und dafs sonach die Sonnenstrahlen, was auch nach ihrem Verschwinden aus ihnen werden mag, nicht zurückbleiben, und wir werden in der Folge sehn, dafs die Wärme, welche beim Verschwinden des Lichts fühlbar wird, sie mag nun entweder aus ihrer Verbindung mit dem Lichte losgetrennt, oder durch Umwandlung der verschwindenden Strahlen erwärmt werden, eben so wenig auf der Erde zurückbleibt. Hieraus könnte man daher die Vermuthung abnehmen, dafs sie in irgend einer anderen Gestalt, als das strahlende Licht ist, wieder zur Sonne zurückkehren.

Dagegen läfst sich aber gleichwohl wieder mit Grund entgegnen, dafs derjenige Theil der Sonnenstrahlen, welche auf die die Sonne umkreisenden Planeten fallen, unendlich gering gegen die Anzahl derjenigen Sonnenstrahlen ist, welche ohne Unterlafs in das Weltall ausströmen, und innerhalb unseres Planetensystems nirgends auf undurchsichtige Körper treffen, die ihren Lauf unterbrechen und sie zurückschicken könnten. Es ist aber einmal unser Loos, allemal auf Unbegreifliches zu stofsen, sobald wir uns bemühen, alles verstehen zu wollen.

Euler, welcher das Ausströmen eines Stoffes aus der Sonne nicht für zulässig hielt, suchte eine andere Ansicht von den Lichterscheinungen aufzustellen, durch welche er die Analogie des Lichts mit dem Schalle mathematisch darlegte, und die kein Ausströmen nöthig machte. Nach seiner Meinung ist das Weltall mit einem unendlich feinen Stoffe ausgefüllt, der alles durchdringt und für unsere Sinne so lange unwahrnehmbar bleibt, als er sich in Ruhe befindet; diesen Stoff nannte er Aether. Ein leuchtender Körper setzt diesen Stoff in eine zitternde Bewegung, die derjenigen Bewegung der Luft gleicht, durch welche die Fortpflanzung des Schalles geschieht. Von diesen Voraus-

setzungen ausgehend, zeigte Euler, wie alle Lichtbrechungs-Erscheinungen durch das Brechen dieser Oscillationen erklärlich werden, und entwickelte daraus eine höchst sinnreiche und annehmliche Theorie des Lichts, welche den Namen der Oscillations-Theorie erhielt.

Diese Theorie ist allenthalben ausreichend, so weit die Erscheinungen blofs mechanisch sind. Allein schon bei Erklärung der Zertheilung des Lichts in Farben durch das Prisma leistet sie weniger Genüge, obschon ihr sinnreicher Urheber es verstanden hat, sie auch hier als höchst interessant darzustellen. Kommt man aber endlich auf die chemischen Wirkungen des Lichts, so stöfst diese Theorie noch mehr an das Unbegreifliche, und man nimmt deutlich wahr, dafs diese Phänomene etwas in sich fassen, was nicht blofs mechanisch ist. Dahin gehören auch manche in neuerer Zeit theils erst entdeckte, theils besser entwikkelte Erscheinungen bei der Brechung des Lichts, z. B. durch Doppelspath, Alabaster, Glimmer u. dgl. m., welche Erscheinungen man unter dem Namen der Polarisation des Lichts zusammen begreift, die jedoch zu tief im Gebiete der mathematischen Physik liegen, als dafs sie in einem Lehrbuche der Chemie abgehandelt werden könnten, die aber, wenn ich mich nicht täusche, weder durch die eine, noch die andere Theorie vollständig erklärt werden können.

Man erlaube mir hier, die Aufmerksamkeit des jüngeren Lesers gelegentlich auf einen Umstand zu lenken, der sich bei den Studien der Naturkunde sehr oft darbietet, nämlich auf die oft sehr verschiedenen Erklärungen einer und derselben Erscheinung. Wir müssen gleich bei unserm ersten Eintritte in das Gebiet der Naturkunde uns in der Ueberzeugung befestigen, dafs wir nicht alles erklären können, und dafs unsere Bemühungen deshalb oft fruchtlos sein werden. Zwei ungewöhnlich grofse Geister haben hier Ein Phänomen von zwei ganz verschiedenen Gesichtspunkten aus betrachtet. Beide Ansichten können natürlich nicht richtig seyn. Minder tiefdenkende Naturforscher pflegen nicht selten von streitigen Meinungen die eine als

richtig anzunehmen; Jünglinge sind dazu noch mehr geneigt, als Männer, denen die Erfahrung schon oft ihre liebsten Ideen vernichtet hat, und die dadurch schon mifstrauischer geworden sind. Allein es ist nicht nothwendig, dafs von zwei sich widersprechenden Erklärungen die eine allemal die richtige sein müsse; denn das wahre Verhalten der Sache kann noch verborgen sein und es für immer bleiben. Man mufs daher zwar alle Wahrscheinlichkeiten wohl prüfen, ohne jedoch gerade eine derselben als Wahrheit zu betrachten, d. h. ohne einer davon völligen Glauben zu schenken, bevor man nicht für ihre einzige Richtigkeit, und folglich für die Unrichtigkeit aller übrigen, vollgültige Beweise hat. Und es ist in der That nicht möglich, zu bestimmen, welche von den hier angeführten Erklärungen wahrscheinlicher ist, als die andere; wir können deshalb weder die eine, noch die andere als vollkommen richtig betrachten.

Newton nahm an, dafs das Licht eine Materie sei, deren kleinste Theilchen sich mit einer grofsen Geschwindigkeit fortbewegen. Diese Hypothese erklärt zwar die Erscheinungen, stöfst aber auf die Schwierigkeit einer unwahrscheinlichen Verminderung der Sonnenmasse, ohne die sich ein Ausströmen nicht denken läfst. Diese Schwierigkeit enthält aber keinesweges die Unmöglichkeit, dafs die Sache sich nicht so verhalten könnte. Euler nahm einen feinen Stoff, Aether, an, für dessen Existenz kein anderer Grund vorhanden ist, als dafs man seiner zu der Erklärung der Phänomene bedarf. Denn dieser Stoff ist für unsere Sinne nicht wahrnehmbar, füllt den Weltraum aus und ist ohne Schwere, d. h. er wird weder von der Sonne, noch von der Erde angezogen. Das Erzittern desselben bringt den sinnlichen Eindruck hervor, den wir Licht nennen. Nun können wir nicht einsehn, wie die im Aether einmal hervorgebrachte Bewegung, wodurch das Licht entsteht, wieder zum Stillstand gebracht werden soll, ohne Zuthun einer, dieselbe wiederum hemmenden gegenwirkenden Kraft. Dafs sie gleichwohl augenblicklich aufhören könne, sehn wir daraus, dafs undurchsichtige Kör-

per Schatten werfen, welches daher rührt, dafs der Aether hinter dem Schatten gebenden Körper in Ruhe kommt. Wenn es nur eine Kraft giebt, die der Bewegung des leuchtenden Aethers entgegen wirkt und sie zum Stillstande bringt; so mufs solche eben so wirken, wie die in der Physik sogenannte Trägheit der Körper *(vis inertiae)*, und der Aether mufs folglich einen Widerstand gegen diejenigen Körper ausüben, die ihn zu verdrängen suchen. Dann würden aber die Planeten in ihrem Umlaufe durch den Aether aufgehalten werden, und ihre Bewegungen von Jahr zu Jahr an Geschwindigkeit abnehmen, was wenigstens eben so stark gegen unsere Erfahrung und gegen die Wahrscheinlichkeit streitet, als dafs die Masse der Sonne durch das Ausströmen des Lichts vermindert werden solle.

Zieht man dabei noch in Betracht, dafs es Erscheinungen in der chemischen Zerlegung giebt, welche sich durch die Oscillationen des Aethers nicht erklären lassen; so mufs uns die Eulersche Ansicht unwahrscheinlich vorkommen, ohne dafs wir deshalb die Newtonsche für richtig annehmen können, und es bleibt uns daher nichts als das Bekenntnifs übrig, dafs wir noch sehr vieler Entdeckungen bedürfen, ehe wir von der Natur des Lichtes etwas Zuverlässiges zu wissen glauben können.

Wärmestoff.

Wärmestoff ist der zweite Bestandtheil der Sonnenstrahlen; dieser verschwindet aber beim Einsaugen der Strahlen nicht für unsere äufseren Sinne, wie das Licht, sondern wird uns durch ein eigenes Gefühl wahrnehmbar, das wir Wärme nennen.

Der mittlere Theil der Erdkugel ist beständig warm, weil er eine solche Stellung gegen die Sonne hat, dafs ihre Strahlen lothrecht auf seine Oberfläche fallen. Je mehr wir uns aber den Polen nähern, desto kälter wird es, weil wegen der Rundung der Erde die Sonnenstrahlen

hier nur schräg auftreffen, und weil folglich in dem Verhältnisse, wie die Rundung der Erdoberfläche von der rechtwinklichen Stellung gegen die Strahlen abweicht, desto wenigere von diesen auf eine gleich grofse Fläche fallen, und mithin den Erdboden desto weniger erwärmen, so dafs endlich an den Polen selbst die Sonnenstrahlen gerade vorbeischiefsen, und gar keine Wärme an diese absetzen. Indessen macht die Neigung der Erde in ihrer Bahn, dafs jeder Pol ein halbes Jahr hindurch in einer ganz schrägen Richtung von der Sonne beschienen wird, und dafs der Erdgürtel, auf welchen die Sonnenstrahlen lothrecht auffallen, sich vom Aequator wechselsweise ein wenig mehr nördlich oder südlich entfernt.

Die Oberfläche der Erde ist folglich an sich kalt, und der Wärmestoff nur da vorhanden, wo er sich aus den Sonnenstrahlen ausscheidet, und je nachdem die Oberfläche der Erde mehr oder minder erwärmt wird, mehr oder weniger tief in ihre Masse eindringt. Hörte die Sonne auf zu leuchten, so würde die Erde sehr bald bis zu der Temperatur unter den Polen, und vielleicht noch weiter abkühlen, weil sie keinen Wärmestoff mehr erhalten und den früher empfangenen während ihres Laufes beständig wieder absetzen würde, indem die Wärme keine Schwere hat, daher von der Erdmasse nicht angezogen und zurückgehalten wird.

Hierdurch entsteht bei den abwechselnden Wendungen der verschiedenen Erdtheile nach der Sonne der Unterschied der Temperatur am Tage und bei Nacht, im Sommer und Winter. Aus diesem Grunde sind auch die Pole der Erde eine feste Masse, und das Wasser, was die Seen und Meere bildet, wird erst in einiger Entfernung von den Polen flüssig, wo die auffallenden Sonnenstrahlen dicht genug werden, um durch ihre Wärme das Eis zu schmelzen. Wie weit die Erde inwendig wärmer oder kälter als auf der Oberfläche ist, ist uns unbekannt. Die Versuche, dies zu ermitteln, haben ungleiche Resultate gegeben. Wenn man die Wärme des Wassers im Meere an tieferen Stellen mifst, so hat man sie gegen die Tiefe zu

abnehmend gefunden, so dafs sie ganz unten nur ein oder ein Paar Grad unter dem Frostpunkte war; aber da das kältere Wasser schwerer als das wärmere ist, so mufs in dem Meere eine Bewegung entstehen, wodurch das Wasser von den kälteren Regionen zu den wärmeren am Boden des Meers niederfliefst, dessen warmes Wasser an der Oberfläche nach kälteren Gegenden geführt wird, und daher Strömungen entstehen, die die Kälte des Wassers auf dem Boden des Meeres behalten. Bei Messungen der Erdwärme in Bergwerken hat man sowohl in Europa als auch in America gefunden, dafs die Wärme gegen die Tiefe zunimmt, so dafs sie mit einem Thermometergrade für jede 32 Meter (107,2 Fufs) zu steigen scheint, was zu beweisen scheint, dafs die Erde inwendig eine höhere Temperatur hat, und schon 36000 Fufs tief glühend sein kann. Man hat indessen diese höhere Temperatur in der Tiefe in den Bergwerken, als eine Folge von den zufälligen Erwärmungen, die in den Bergwerken bei den dort vorfallenden Arbeiten entstehen, zu erklären gesucht, so dafs dieser Gegenstand auch nicht vollkommen ausgemittelt zu sein scheint. Wenn man indessen bedenkt, dafs die Bestandtheile von den Verbindungen, woraus unsere Erde besteht, nicht unter einander verbunden werden können, ohne dafs nicht eine bedeutende Erhöhung in der Temperatur daraus entsteht, so wird es sehr wahrscheinlich, dafs die Erde sonst auch auf der Oberfläche eine weit höhere Temperatur als jetzt gehabt haben mufs, wozu die Geologie beinahe unwiderlegliche Beweise liefert, und dafs, als sie mit der Länge der Zeit von der Oberfläche verschwunden ist, noch tief im Innern der Erde geblieben sein könnte, von wo sie nur mit der gröfsten Langsamkeit fortgehen kann.

Ein, auf irgend eine Weise, erwärmter Körper läfst nach und nach seinen Wärmestoff wieder fahren, und dieser entweicht entweder strahlend, wie das Licht, oder durch Mittheilung an die benachbarten Körper, die dadurch erwärmt werden.

Der Wärmestoff verliert mit dem Lichte seine strahlende Kraft nicht gänzlich. Man kann deshalb von einem

erhitzten, aber nicht glühenden, d. h. nicht leuchtenden, Körper die Wärmestrahlen auf einem concaven Metallspiegel auffangen, und in dem Brennpunkte concentriren, so dafs ein Thermometer, das in den Brennpunkt gestellt wird, bedeutend höher steigt, als in dem umgebenden Medium. Scheele lehrte uns zuerst den Unterschied zwischen strahlendem Licht und strahlender Wärme, und bewies, dafs beide nach einerlei Gesetzen zurückgeworfen werden. Schon lange vorher hatte die Academia del Cimento in Italien einen Versuch angestellt, die Kältestrahlen eines Stücks Eis aufzufangen und zu verdichten. Allein dieser Versuch und seine Resultate geriethen bei den Naturforschern ganz in Vergessenheit, bis Pictet ihn wiederholte und die Richtigkeit des Erfolges bestätigte. Da wir die Kälte mit gutem Grunde nur als Mangel von Wärme betrachten, so scheint diefs anfangs unbegreiflich.

Allein, man stelle zwei gleich grofse metallene Brennspiegel in nicht zu grofser Entfernung, z. B. 2 bis 3 Ellen von einander, dergestalt auf, dafs die Strahlen, welche von dem Brennpunkte des einen Spiegels auslaufen, in dem Brennpunkte des andern Spiegels sich wieder sammeln, so wie in Fig. 1. Taf. IV. die punktirten Linien es andeuten. Hängt man nun einen heifsen Körper, der aber nicht bis zum Leuchten und Glühen erhitzt zu sein braucht, in den Focus des einen Brennspiegels, z. B. in A, so merkt man, wenn man die Hand in den Focus B des andern Spiegels hält, dafs sie stark erwärmt wird, und ein hier aufgestelltes Thermometer steigt sogleich bedeutend. Hängt man aber in A ein Stück Eis, und in B ein sehr empfindliches Thermometer — am besten ein Luftthermometer — auf, so sinkt das Thermometer unter die Temperatur der umgebenden Luft herab, und dieses Sinken nimmt noch mehr zu, wenn man etwas fein gestofsenen Salmiak auf das Eis streut, wodurch dieses, aus Gründen, die weiter unten entwickelt werden sollen — noch kälter wird. Rückt man das Eisstück von dem Brennpunkt in A weiter weg, z. B. in die Mitte zwischen A und B, so kommt es zwar dem Thermometer näher; dieses fängt aber dessen unge-

achtet wieder an zu steigen, sobald das Eis den Punkt A verlassen hat.

Aus alle dem könnte man den Schluſs ziehen, daſs es eben sowohl erkältende, als erwärmende Strahlen gäbe; allein die Sache verhält sich nicht so, sondern nach der Erklärung, welche Prevost zuerst davon gab, folgendergestalt. Der Begriff eines strahlenden Stoffes führt nothwendig mit sich, daſs ein fortwährendes Ausströmen desselben so lange statt finde, als nur noch etwas von ihm übrig ist, und ohne alle Rücksicht auf diejenigen Mengen desselben Stoffs, welche von andern benachbarten Körpern ausströmen können. Wenn z. B. zwei Lichter von ungleicher Helligkeit neben einander stehen, so strahlet die schwächere Flamme eben so gut, wie die stärkere, ihr Licht aus, und die Flamme eines Talglichts oder einer Weingeistlampe, die man in den Sonnenschein stellt, hört nicht auf, Licht auszustrahlen, wenn wir es auch nicht mehr bemerken. Alles dieses muſs auch von warmen Körpern gelten. — Wenn zwei benachbarte Körper, A und B, gleich viel Wärmestoff ausstrahlen, so behalten sie einerlei Temperatur, weil jeder von ihnen eben so viel wieder erhält, als er abgiebt. Wenn aber A mehr Wärmestoff ausstrahlt als B, so empfängt A weniger wieder, als er fahren läſst, und wird sonach kälter; hingegen B, was mehr wieder erhält, als es ausstrahlt, wird mehr erwärmt. Da es durch Versuche dargethan ist, daſs der nichtleuchtende Wärmestoff die Eigenschaft besitzt, in Strahlen zu entweichen; so muſs es auch wahr sein, daſs auch kältere Körper, selbst dann, wenn sie von wärmern umgeben sind, noch Wärmestoff fahren lassen, dagegen aber von ihren wärmeren Umgebungen mehr Wärmestrahlen, als sie abgeben, wieder empfangen, und dadurch erwärmt werden müssen. Wenn man daher in dem Brennpunkt A ein Stück Eis, in B aber ein Lufthermometer aufhängt, so sieht man, mit Hülfe der Figur, deutlich ein, daſs die Thermometerkugel auf der, dem Spiegel zugekehrten Seite eine gröſsere Anzahl Wärmestrahlen abgeben muſs, als sie auf der andern Seite auf gleiche Weise von dem Eisstücke in A wieder em-

pfängt, so dafs das Thermometer blofs durch Verlust eines Theils von seinem Wärmestoffe, der ihm vom Eise nicht wieder ersetzt wird, zum Sinken gebracht werden mufs.

Der ganze Versuch läuft also am Ende darauf hinaus, die Thermometerkugel in einem Medium, was mit dem Thermometer im Anfange des Versuches gleiche Temperatur hat, so aufzustellen, dafs sie weniger Strahlen wieder empfängt, als sie selbst ausströmt, und daher durch ihr eigenes Ausstrahlen unter die Temperatur der umgebenden Luft herab abgekühlt wird. Es fällt Anfängern mitunter schwer, sich diefs zu versinnlichen; es wird aber leicht, wenn man die leuchtenden Strahlen wieder zu Hülfe nimmt und sich vorstellt, dafs in dem Brennpunkte des einen Spiegels eine schwarze Kugel, in dem andern aber ein Stück weifses Papier befestiget worden, auf welchem der Brennpunkt einen dunklen Fleck, einen Schatten, bildet, ohne dafs man sagen kann, das Dunkle werde vom Spiegel zurückgeworfen. Betrachtet man dagegen die dem Spiegel zugekehrte Seite der schwarzen Kugel, so bemerkt man, dafs der Rückprall der Strahlen des Tageslichts von dem in den anderen Brennpunkt gehaltenen Papiere diese Seite der Kugel sehr bedeutend erhellet.

Eine bei der Lehre von dem Strahlen des Wärmestoffs sich aufdringende Frage, die sich aber zur Zeit noch nicht beantworten läfst, ist folgende: Sind die Strahlen, welche von verschieden erwärmten Körpern ausströmen, gleich warm, aber von ungleicher Dichtheit, d. h. ihrer Zahl nach verschieden? — oder können sie ungleich warm sein? Können aus einem Körper, dessen Oberfläche z. B. 100° Wärmestoff ausstrahlt, und dessen Strahlen von einem Brennspiegel aufgefangen und in einen engeren Raum verdichtet werden, noch mehr als 100° Wärmestoff hervorgelockt werden?

Leslie hat durch höchst interessante Versuche dargethan, dafs die Verschiedenheit der Oberfläche der Körper grofsen Einfluls auf die Menge des Wärmestoffs hat, den sie ausstrahlen können, und folglich auch auf die Länge oder Kürze der Zeit, die sie zu ihrer Abkühlung

bis

bis zu der Temperatur der umgebenden Luft bedürfen. Polirte und ebene Flächen strahlen den wenigsten, gefurchte und unebene mehr, und die mit Ruſs und Kohlendampf überzogene den meisten Wärmestoff aus. Um dieſs zu beweisen, mache man sich einen Würfel von Eisenblech, polire die eine Seite desselben, bedecke die zweite mit einer Glasscheibe, schleife die dritte mit Schmirgel matt, oder überziehe sie mit etwas Quecksilber, und bestreiche die vierte mit Kienruſs, oder räuchere sie über brennender Birkenrinde schwarz. Diesen Würfel fülle man nun mit kochend heiſsem Wasser, und hänge ihn in den Brennpunkt des einen Brennspiegels, in den andern aber ein Luftthermometer. Man wendet nun zuerst die polirte Seite des Würfels gegen den Spiegel, und beobachtet das Thermometer so lange, bis es nicht mehr steigt; kehrt man dann die Glasseite nach dem Spiegel, so steigt es von neuem; ist es zum Stillstehen gekommen, und man dreht nunmehr die matte Seite nach dem Spiegel, so fängt es sogleich wieder an höher zu steigen, und wendet man endlich die geschwärzte Seite herum, so steigt das Thermometer mit erstaunlicher Schnelligkeit noch höher. Hieraus sieht man, daſs der Würfel durch Ausstrahlen ungleich abgekühlt wird auf allen vier Seiten.

Das Entweichen des strahlenden Wärmestoffs trägt in den meisten Fällen mehr zu der Abkühlung der Körper bei, als der Wärmeverlust, welcher durch die Erwärmung der umgebenden Luft entsteht. Leslie hing warme Körper im luftleeren Raume auf, wo sie folglich hauptsächlich durch Ausstrahlen erkalten muſsten, und fand, daſs sie mit polirter Oberfläche um die Hälfte langsamer, mit berufster Oberfläche hingegen nur um den dritten Theil langsamer, als in der Luft, erkalteten, so daſs ein Körper im erstern Falle nur halb, im letztern aber zwei Drittel so viel Wärmestoff fahren läſst, als er bei seinem Erkalten in der Luft verliert.

Wenn ein Körper seinen Wärmestoff durch Mittheilung an andere, in seiner Nähe befindliche Körper verliert, so findet man, daſs gewisse Körper ihn sehr schnell

aufnehmen, aber auch eben so schnell wieder fahren lassen; andere hingegen ihn zwar langsamer aufnehmen, aber auch länger zurückhalten. Die ersteren nennt man Wärmeleiter oder, im gewöhnlichen Leben, kalte; die letzteren aber Nichtleiter oder warme Körper. Die besten Wärmeleiter sind die Metalle, die schlechtesten hingegen Luft, Wolle, Haare, Holz, Kohle u. a. m. Beweise von der Verschiedenheit des Leitungsvermögens erhält man, wenn man z. B. einen Theelöffel in die Lichtflamme hält, wo er bald so heifs wird, dafs man ihn nicht mehr in der Hand halten kann; dagegen wird ein Stück Kohle durchaus nicht heifs, wenn es auch am andern Ende glüht und brennt. Ein silberner Henkel an einer Theekanne brennt die Hände, wenn man kochend heifses Wasser in die Kanne gieſst; dagegen kann man unter gleichen Umständen Griffe von Holz ohne alle Unbequemlichkeit handhaben. Wenn wir unsern Körper in Kleider von Metalldrath einhüllen wollten, so würden wir im Winter erfrieren, weil der Wärmestoff unseres Körpers unausgesetzt abgeleitet werden würde, statt dafs Kleider aus schlechten Wärmeleitern, z. B. aus wollenen Zeuchen, ihn zurückhalten und das Erkalten unsers Körpers durch die äufsere Luft verhindern.

In flüssigen Körpern pflanzt sich die Wärme auf doppelte Weise fort, theils durch Mittheilung von einem Theilchen zum andern, theils dadurch, dafs die erwärmte Flüssigkeit sich ausdehnt, leichter wird, in die Höhe steigt, und dadurch der kältern Platz macht, um auf derselben Stelle erwärmt zu werden. Wenn man z. B. Wasser, das man mit grob gestofsenem Bernstein oder irgend einem anderen leichten Pulver gemengt hat, in ein gewöhnliches Trinkglas gieſst, und den Boden des Glases mit Vorsicht über einem Lichte erwärmt, so fängt das Pulver von der Mitte des Bodens an, in die Höhe zu steigen, und fällt an den Seitenwänden des Glases wieder nieder, ungefähr wie Fig. 2. Taf. 1. es zeigt, so dafs ein Theil Wasser nach dem andern, wie in einem unaufhörlichen Wirbel, über den Boden wegstreicht, und hier erwärmt

wird. Deckt man dagegen einen heifsen Plätstahl oder etwas ähnliches auf das Glas, und erwärmt so das Wasser von oben herunter, so entsteht kein solcher Kreislauf, sondern das wärmere und leichtere Wasser schwimmt immer oben auf, und das ganze Wasser wird, vermöge seiner leitenden Kraft, nur allmählich, jedoch sehr langsam, niederwärts erwärmt.

Wenn man ein cylindrisches Glas mit Wasser füllt, und ein Thermometer so hineinstellt, dafs die Kugel desselben nach oben gekehrt ist, und etwa kaum noch eine Linie Wasser über sich hat, dann aber etwas Aether oben auf gieſst und diesen anzündet, so brennt derselbe eine Linie über der Thermometerkugel fort, ohne dafs das Thermometer eher, als nach einer ziemlichen Weile, zu steigen anfängt, obgleich die Oberfläche der Flüssigkeit unmittelbar vom Feuer berührt wird.

Flüssigkeiten sind daher an und für sich schlechte Wärmeleiter, und leiten nur dann gut, wenn sie von unten erwärmt werden, wo ihnen die, durch Veränderung ihres specifischen Gewichts veranlafste Bewegung zu statten kommt. Wegen dieser Eigenschaft der Flüssigkeiten mufs man bei Kochgefäfsen darauf sehn, dafs sie auf dem Boden so weit, als möglich, sind, damit eine möglichst grofse Oberfläche der Flüssigkeit mit der Wärme in Berührung komme; und wenn man das Kochgefäfs inwendig mit dünnen Metallstreifen oder Drath durchzieht, so kann die Flüssigkeit um so schneller durchhitzt werden, weil diese Dräthe den Wärmestoff viel leichter, als die Flüssigkeit selbst, vom Boden aus in die Masse leiten.

Von der Luft wird der Wärmestoff eben so, wie durch das Wasser oder andere Flüssigkeiten, geleitet, nämlich nur zum kleinsten Theile durch Mittheilung, gröfstentheils aber durch Verminderung der Schwere und Emporsteigen der erwärmten Theilchen. Dadurch entstehn in der Luft eben solche Wirbel, wie sie (nach Fig. 2.) im Wasser statt finden. — Man kann sich davon leicht überzeugen, wenn in einem eben erst ausgefegten Zimmer, wo der Staub noch umherfliegt, die Sonnenstrah-

len einen dunklen Körper treffen und erwärmen, wo man über diesem unausgesetzt einen Strom von Staub emporsteigen sieht.

Der Wärmestoff hat die Eigenschaft, in allen Körpern, denen er mitgetheilt wird, die Zusammenhangs-Verwandtschaft (Cohaesion) zu vermindern. Seine erste Wirkung auf einen festen Körper äufsert sich daher dadurch, dafs er ihn nach allen Richtungen ausdehnt, so dafs z. B. eine Eisenstange, von gewisser Länge, die genau in ein dazu gemachtes Loch pafst, nach der Erwärmung nicht allein länger, sondern auch zu dick für dieses Loch wird. Nach dem Erkalten zieht sie sich aber wieder bis zu ihrer anfänglichen Gröfse zusammen. Füllt man eine Blase halb mit Luft, und hält sie über ein Kohlenbecken, so fängt die innere Luft an, sich durch die Wärme nach und nach auszudehnen, und spannt die Blase immer mehr und mehr auf, bis diese endlich mit einem Knalle zerspringt, wenn das Volumen der Luft so sehr vergröfsert wird, dafs es in der Blase nicht mehr Platz hat.

Bei flüssigen und luftförmigen Körpern ist die Ausdehnung, welche durch die Wärme entsteht, in allen Directionen gleich; aber bei den festen Körpern ist dieſs nicht ohne Ausnahme. Mitscherlich hat gezeigt, dafs Krystalle durch eine Veränderung in den Wärmegraden die Winkel verändern, woraus folgt, dafs sie in einer Richtung ihr Volumen mehr verändern, als in einer andern. Hiervon machen indessen die Krystalle eine Ausnahme, die zu dem sogenannten regulären Systeme gehören, wie z. B. der Würfel, das Octaeder, das Rhomboidaldadecaeder. Dafs in festen Körpern, die keine krystallinische Textur haben, die Ausdehnung nach allen Richtungen gleich sein mufs, folgt daraus, dafs ihre kleinsten Theilchen ohne Ordnung in allen Richtungen gegen einander gewendet liegen.

Diese Eigenschaft des Wärmestoffs, die Körper auszudehnen, dient uns zur Ausmittelung des Grades ihrer Erwärmung, und das Werkzeug, dessen wir uns dazu bedie-

nen, wird ein Thermometer genannt. Es besteht aus einer feinen Glasröhre, welche an dem einen Ende zu einer Kugel ausgeblasen, und bis zu einer gewissen Höhe mit irgend einer Flüssigkeit, z. B. Quecksilber, Alkohol, Leinöl u. s. w., angefüllt, und über welcher sodann die Röhre luftleer gemacht und zugeschmolzen wird. Man nimmt am liebsten Quecksilber für die Thermometer, weil dessen Ausdehnung mit den Wärmegraden innerhalb gewisser Gränzen in gleichförmigen Verhältnissen bleibt, was bei andern Flüssigkeiten nicht ganz der Fall ist. Alkohol braucht man dagegen theils zu solchen Thermometern, welche kleine Veränderungen der Temperatur angeben sollen, weil Alkohol von der Wärme mehr ausgedehnt wird; theils zu solchen, womit höhere Kältegrade gemessen werden sollen, weil der Alkohol bei keinem bis jetzt hervorgebrachten Kältegrade zum Gefrieren kommt. — Wenn nun z. B. das Quecksilber in der Kugel erwärmt wird, so dehnt es sich aus und tritt in die Röhre, und muſs daher, so oft das Thermometer mit einem wärmeren Körper in Berührung kommt, immer in der Röhre steigen, beim Erkalten durch einen kälteren Körper aber darin herabsinken.

Die Thermometerröhre wird mit Graden bezeichnet, welche dadurch bestimmt werden, daſs man die Kugel zuerst in schmelzenden Schnee eintaucht, und den Punkt, bis zu welchem das Quecksilber herabsinkt, mit 0° bemerkt, dann aber in kochendes Wasser bringt, und den Stand des Quecksilbers mit 100° bezeichnet. Den Raum zwischen beiden Punkten theilt man in 100 gleiche Theile, die man Grade nennt, und man kann die Röhre nach ihrer ganzen Länge graduiren, wenn man auch die Räume über 100° und unter 0° in gleich groſse Grade eintheilt. Bei dieser Graduirung muſs man jedoch deshalb vorsichtig zu Werke gehen, weil der Siedepunkt des Wassers, wie ich weiter unten zeigen werde, veränderlich ist, und theils von der Höhe des Barometerstandes, theils von der Höhe der zum Sieden gebrachten Wassersäule abhängt, so daſs der Siedepunkt immer höher ausfällt, wenn er entweder bei ho-

hem Barometerstande bestimmt, oder die Thermometerkugel zu tief in die kochende Flüssigkeit eingetaucht worden ist. Deshalb muſs auf der Skala eines jeden guten Thermometers der Barometerstand, bei welchem es graduirt worden ist, angegeben werden. Auch ist zu bemerken, daſs, nach Gay-Lussac's Beobachtung, das Wasser in metallenen Gefäſsen bei einer, um $1\frac{1}{2}$ Grad niedrigeren Temperatur, als in Glasgefäſsen, zum Sieden kommt. Die Ursache dieser Erscheinung wird da erklärt werden, wo vom Kochen des Wassers die Rede ist *).

Den verschiedenen Grad der Erwärmung eines Körpers nennt man seinen Wärmegrad oder seine Temperatur. Die Grade über 0 werden mit +, die unter 0 mit — bezeichnet, so daſs 10° Wärme mit + 10°, und 10° Kälte mit — 10° ausgedrückt werden.

Will man sehr kleine Temperatur-Veränderungen messen, so schlieſst man Luft in die Kugel des Thermometers ein, zu welchem Behuf aber die Röhre ein Stück von der Kugel abgebogen werden muſs; die Röhre wird dann mit einer dunklen Flüssigkeit, z. B. mit geschwärzter Schwefelsäure, oder mit einer Lösung von Extractivstoff in kaustischem Kali, so gefüllt, daſs die Flüssigkeit einen geringen Theil der Kugel mit einnimmt. Wenn nun die in der Kugel eingeschlossene Luft sich ausdehnt, so steigt die dunkle Flüssigkeit in der Röhre in die Höhe und zeigt die Erwärmung an, und umgekehrt. Sobald indessen eine höhere Säule von Flüssigkeit der Ausdeh-

*) Noch ein Umstand, der dabei beobachtet werden muſs, ist der, daſs die Kugel nicht von gar zu dünnem Glase sein muſs, und, wenn das Thermometer luftleer in Röhre über dem Quecksilber gemacht wird (man sehe den Artikel Thermometer im 4ten Theile), muſs der Frostpunkt erst bestimmt werden, nachdem die Oeffnung der Röhre zugeschmolzen ist, weil, da die Kugel nicht vollkommen sphärisch sein kann, die Luft sie etwas zusammendrückt, wodurch der Frostpunkt von einem halben bis einen Grad und darüber erhöht wird. Je dicker das Glas in der Kugel ist, und je näher diese einer vollkommenen Sphäre kommt, desto weniger trifft dieser Umstand ein.

nung der Luft in der Kugel entgegenarbeitet, so wird das Instrument zum Messer der Temperatur unzuverlässig, und man bedient sich daher des Lufthermometers nur zu Bestimmung sehr geringer Temperatur-Veränderungen, die an andern Thermometern nicht mit hinreichender Genauigkeit beobachtet werden können, z. B. bei den oben angeführten Versuchen über die kältenden Strahlen.

Dulong und Petit haben durch eine Reihe der genauesten Versuche bewiesen, dafs die Luft und luftförmige Körper die Eigenschaft besitzen, sich bei gleichem Zuschusse von Wärme, sowohl bei der niedrigsten, als bei der höchsten Temperatur, gleichförmig auszudehnen, dafs daher Luft der einzige Körper ist, durch dessen Ausdehnung die relativen Wärmemengen bei ungleichen Temperaturen richtig gemessen werden können, und dafs hingegen alle andere Körper im festen oder tropfbar flüssigen Zustande sich ungleich ausdehnen, und die aus ihnen verfertigten Thermometer sämmtlich unrichtige Resultate geben müssen. Das Quecksilber kommt den luftförmigen Körpern hierin noch am nächsten, und zwischen — 36° und + 100° findet kein merklicher Unterschied zwischen einem Quecksilberthermometer und den Resultaten der Ausdehnung der Luft in einem dazu gehörig eingerichteten Instrumente statt; aber über die Temperatur von + 100° hinaus geben beide ungleiche Resultate, wie folgende Tafel zeigt:

Quecksilberthermometer.	Lufthermometer.
— 36°	— 35°
0°	0°
+ 100°	+ 100°
150°	148°,70
200°	197°,05
250°	245°,05
300°	292°,70
360°	350°,00

Die Luft ist daher der einzige, zur Messung höherer Wärmegrade taugliche Körper; doch ist noch eine be-

queme Art zu deren Anwendung für diesen Behuf zu erfinden.

Bei allen Messungen von Temperaturen, welche eine grofse Genauigkeit erfordern, müssen die Veränderungen mit in Rechnung gebracht werden, welche durch die Ausdehnung des Glases mittelst des Wärmestoffs veranlafst werden. Dulong und Petit haben gefunden, dafs das Glas bei + 100° sich um $\frac{1}{5870}$ desjenigen Raumes ausdehnt, den es bei 0° einnimmt, ferner bei + 200° um $\frac{1}{5100}$, und bei + 300° um $\frac{1}{5000}$. Diese Ausdehnung des Glases veranlafst bei + 100° und 200° eine scheinbare Ausdehnung des Quecksilbers, welche von der Verengerung der inneren Höhlung der Glasröhre herrührt, und nach Laplace's und Lavoisier's Versuchen auf jeden Grad des 100theiligen Thermometers $\frac{1}{6457}$ vom Volumen des Quecksilbers bei 0° betragen soll, jedoch nicht immer gleich grofs ist, und im Durchschnitt zu $\frac{1}{6000}$ angenommen werden kann.

Bei + 300° ist die Ausdehnung des Glases bereits so bedeutend, dafs alle Regelmäfsigkeit des Resultats verloren geht. Das Quecksilber dehnt sich nach Dulong und Petit für jeden Grad des 100theiligen Thermometers bei + 100° um $\frac{1}{5550}$, bei + 200° um $\frac{1}{5525}$, und bei + 300° um $\frac{1}{5400}$ desjenigen Raumes aus, den es bei 0° einnimmt. Bei 300 wirklichen Wärmegraden, d. h. nach dem Luftthermometer gemessen, sollte sonach ein Quecksilberthermometer, was aus einer Masse verfertiget wäre, die mit dem Quecksilber sich gleichförmig ausdehnte, + 314°,15 zeigen; wogegen aber ein auf die gewöhnliche Weise eingerichtetes Thermometer, wegen der bedeutend geringeren Ausdehnung des Glases, nicht mehr als 307°,64 zeigt.

Wollte man sich zum Messen der Temperaturen der folgenden Körper bedienen, so würden, nach Dulong's und Petit's Versuchen, die daraus verfertigten Thermometer bei + 300° des Luftthermometers die bei jedem dieser Körper angegebene Anzahl Grade nachweisen, nämlich:

Eisen	332°,2
Silber	329°,3
Zink	328°,5
Antimon	324°,8
Glas	322°,1
Kupfer	320°,0
Platina	317°,9
Quecksilber	314°,15.

Zur Beurtheilung der Temperatur eines Körpers bedienen wir uns auch oft unseres Gefühls, was aber sehr betrüglich ist, weil es von unserer eigenthümlichen Wärme abhängt, und daher, wie diese, veränderlich ist, so dafs ein Körper, den wir in der Hand warm finden, uns, an das Gesicht gehalten, kalt vorkommt, weil das Gesicht wärmer als die Hand ist, denn wir nennen Körper warm, welche uns Wärmestoff mittheilen, kalt aber diejenigen, die unserem Körper Wärmestoff entziehen. Kälte ist daher nichts anderes als Mangel an Wärme.

Zur Ausmittelung solcher hoher Temperaturen, bei welchen das Quecksilber ins Kochen gerathen würde, bedient man sich anderer Werkzeuge, welche man Pyrometer oder Feuergradmesser nennt, und von welchen das Wedgewoodsche einige Zeit viel im Gebrauche war. Es besteht aus kleinen Cylindern von einer eigenen Art Thon, welche im Feuer schwinden, und nach deren stärkerer oder geringerer Zusammenziehung man die Höhe des Hitzegrads beurtheilt, welchem sie ausgesetzt gewesen ist. Die Ursache des Schwindens ist, dafs die kleinsten Theilchen des Thons in diesen Cylindern kein Continuum ausmachen, sondern blofs mechanisch an einander geklebt sind; sobald nun der Thon erhitzt wird, und sich mehr und mehr dem Schmelzen nähert (was jedoch in unseren gewöhnlichen Feuerstätten unmöglich ist), so backen diese Theilchen zusammen, ganz auf dieselbe Weise, wie eine Masse von Harzmehl auf einem warmen Kachelofen, der aber nicht so heifs seyn darf, das Harz zu schmelzen, — schwindet, wenn die einzelnen Stäubchen zusammen zu backen anfangen. Das Pyrometer ist übrigens

ein höchst unzuverlässiges Werkzeug, und man muſs, um nur einigermaſsen sichere Resultate damit zu erhalten, immer mehrere Cylinder auf einmal anwenden, und aus ihren verschiedenen Zusammenziehungen die Mittelzahl nehmen. — Man hat noch mehrere andere Pyrometer vorgeschlagen, unter welchen das von Daniel das am meisten anwendbare zu sein scheint. Dieses besteht aus einem Cylinder von Platin, der auf einem Statif von Graphittiegelmasse liegt, gegen welche das eine Ende stöſst, während das andere durch die Verlängerung des Cylinders durch die Hitze einen Zeiger in Bewegung setzt, der durch seinen längeren Schenkel ganz deutlich selbst sehr kleine Veränderungen der Länge des Cylinders angiebt. Da man damit anfangen kann, die Verlängerung des Cylinders bei Temperaturen zu messen, in denen er mit dem Gange des Quecksilber-Thermometers verglichen werden kann, so kann dieses Pyrometer nach gewöhnlichen Thermometergraden eingetheilt werden. Eine andere Art, die man angegeben hat, um höhere Temperaturen zu messen, ist die, daſs man in ein sphärisches oder cylindrisches Gefäſs von Platin von einer bestimmten Capacität, das mit einer Ableitungsröhre von demselben Metalle von sehr feinem Kaliber versehen ist, Luft einsperrt, und wenn das Instrument nachher einer höhern Temperatur ausgesetzt wird, man die Luft auffängt, die von der Hitze ausgetrieben worden ist, und ihr Volumen bestimmt. Man weiſs nun, welches Volumen die Luft, die das erhitzte Gefäſs erfüllt, bei der gewöhnlichen Temperatur der Luft haben muſste, und kann nun, nach der bekannten Ausdehnung der Luft für jeden Grad des Thermometers (wovon gleich die Rede sein soll), mit ziemlicher Sicherheit die Temperatur berechnen. Dieses Instrument hat indessen die Unannehmlichkeit, daſs jedesmal ein besonderer Versuch erfordert wird, der, um genau zu werden, Geschicklichkeit erfordert, und der nachher berechnet werden muſs, da hingegen das von Daniel den Feuergrad mit seinen Veränderungen gleich durch bloſse Ansicht giebt.

Ob die Temperatur Gränzen hat, über welche sie nicht weiter erhöht oder erniedrigt werden kann, läfst sich nicht bestimmen. Man hat viel über eine absolute Abwesenheit des Wärmestoffs geschrieben. Dalton, Clement und Desormes, Herapath und mehrere andere haben versucht, aus bekannten Erfahrungen die Anzahl der Grade unter dem jetzigen Nullpunkt des Thermometers zu bestimmen, bei welcher ein solcher absoluter Nullpunkt eintreffen würde. Die Verschiedenheit der Resultate, zu denen man auf verschiedenen Wegen gelangte, zeigt aber deutlich, dafs man immer von unrichtigen Voraussetzungen ausgieng. Clement, Desormes und Herapath haben die absolute Null zu — 266⅔° der hundertgradigen Skale bestimmt. Das Factum, das sie dabei zum Grunde legten, ist die Erfahrung von Gay-Lussac, dafs die Luft für jeden Grad des Thermometers 0,0375 von seinem, beim Gefrierpunkte des Wassers gemessenen, Volumen vermehrt oder vermindert wird, je nachdem die Temperatur steigt oder fällt, wodurch sie also bei + 266⅔° einen doppelt so grofsen Raum, als bei 0°, annehmen mufs, und bei — 266⅔° ihr Volumen zu 0 reducirt werden würde. Da wir aber die Natur des Wärmestoffs nicht kennen, so müssen wir die Entscheidung dieser Frage bis weiter dahingestellt sein lassen.

Sobald ein fester Körper bis zu einem gewissen Grade erwärmt wird, vermindert sich seine Zusammenhangs-Verwandtschaft (Cohaesion) dergestalt, dafs seine kleinsten Theilchen beweglich werden, ihre Lage gegen einander verändern, und mit geringer mechanischer Kraft getrennt werden können. Der Körper wird dann flüssig, und dieser Uebergang aus dem festen in den flüssigen Zustand heifst Schmelzung. Ein geschmolzener Körper hat immer eine horizontale (nach der Abrundung der Erde gebildete, und mit dieser concentrische) Oberfläche. Man pflegt einen solchen Körper tropfbar flüssig, oder noch lieber ein Liquidum, zu nennen, zum Unterschied vom Fluidum, was auch von luftförmig flüssi-

gen Körpern gebraucht werden kann. Nach der Verschiedenheit der Körper wird auch eine verschiedene Temperatur zur Hervorbringung dieses Zustandes erfordert, so dafs manche schon bei der gewöhnlichen mittleren Luftwärme, oder noch vor dem Glühen schmelzen, wieder andere einen noch höheren Grad von Hitze dazu erfordern, und endlich manche selbst bei den höchsten Wärmegraden, die wir hervorzubringen im Stande sind, durchaus nicht zum Schmelzen kommen. Quecksilber z. B. schmilzt schon bei — 35°; Wasser bei 0°; Wachs bei + 65°; Zinn bei + 228°; Blei bei + 312°; Kupfer bei + 2530°, und Eisen bei + 12000° u. s. w., wenn man anders diesen Angaben, soweit sie durch Pyrometerversuche ausgemittelt sind, Glauben beimessen darf.

Vermehrt man die Temperatur eines geschmolzenen Körpers noch weiter bis zu einer gewissen Höhe, so wird der Zusammenhang seiner Theilchen noch mehr geschwächt, und der Körper nimmt Luft- oder Gasgestalt an. Dadurch entsteht das Sieden, wobei kleine Bläschen des gebildeten Gases durch den blofs noch geschmolzenen Theil des Körpers emporsteigen und auf der Oberfläche zerspringen. Das Sieden oder Kochen ist daher nichts anders, als die Bewegung, welche durch das Aufsteigen eines geschmolzenen Körpers in Luftgestalt hervorgebracht wird. Jeder flüssige Körper, welcher Gasgestalt annehmen kann, siedet, wenn er nicht eingesperrt ist, in freier Luft und bei gewöhnlichem Luftdrucke bei einer bestimmten Temperatur, z. B. Aether siedet bei + 36⅔°, Alkohol bei + 80°, Wasser bei + 100°, Schwefelsäure bei + 310°, Quecksilber bei + 356¼° u. s. f., und diese Flüssigkeiten können dann nicht über diesen Wärmegrad hinaus erhitzt werden, sondern aller Wärmestoff, der ihnen weiter zugeführt wird, verbindet sich mit einem Theile der Masse, und giebt ihr Gasgestalt.

Die Temperatur, bei welcher ein Körper in der Atmosphäre siedet, ist, nach Verschiedenheit des Druckes der letztern, d. h. nach dem verschiedenen Stande des Barometers, veränderlich; eben so bringt, unter übrigens

gleichen Umständen, die Höhe der siedenden Flüssigkeit Veränderungen darin hervor. Die Ursache davon ist sehr einfach. Wenn eine Flüssigkeit siedet, so bilden sich am Boden des Gefäfses kleine Bläschen, welche sowohl die darüberstehende Flüssigkeit, als auch die darauf drückende Luft emporheben müssen, weil beide durch ihre Schwere gemeinschaftlich dahin streben, die Bläschen zusammen zu drücken, d. h. im tropfbar flüssigen Zustande zu erhalten. Daher mufs, bei Vermehrung des Druckes der Atmosphäre oder bei Erhöhung der Säule der Flüssigkeit und des daraus folgenden stärkeren Druckes derselben, auch die Kraft, welche diese Bläschen bildet, d. h. die Temperatur, erhöht werden.

Im luftleeren Raume sieden daher die Flüssigkeiten bei bedeutend niedrigeren Temperaturen, als in freier Luft. Das Wasser kann darin bei allen Temperaturen über 0° zum Kochen gebracht werden, wenn man nur solche Vorrichtung trifft, dafs dessen untere Schicht um einige Grade wärmer, als die Oberfläche erhalten wird; ist aber dessen Temperatur auf der Oberfläche am höchsten, oder durch die ganze Masse gleichförmig, so steigt das Wasser von seiner Oberfläche in Gasgestalt auf, weil dann kein Umstand vorhanden ist, welcher die Gasbildung im Innern der Masse veranlafste, daher dieselbe nun ohne alles Hindernifs auf der Oberfläche vor sich geht. Man kann sich hiervon durch einen recht artigen und leichten Versuch überzeugen. Man füllt nämlich eine Florentinerflasche (eine von den eirunden Flaschen, in welchen das Tafelöl aus Italien verführt wird) zu $\frac{2}{3}$ mit Wasser, und pfropft sie mit einem guten Kork fest zu, in welchen vorher eine Glasröhre eingepafst worden, deren aus der Flasche hervorragender Theil zu einer feinen Spitze ausgezogen ist. Man bringt nun das Wasser zum Sieden, schmelzt, nach einviertelstündigem Kochen, und ohne dasselbe zu unterbrechen, die feine Spitze der Röhre wieder zu, und nimmt die Flasche augenblicklich vom Feuer. Beim Sieden ist nun alle Luft durch die Wasserdämpfe ausgetrieben worden; diese letztern aber

verdichten sich wieder beim Abkühlen der Flasche, und lassen einen luftleeren Raum über dem Wasser zurück. Wenn man daher die Flasche oberhalb der Flüssigkeit mit einem kalten Körper schnell abkühlt, und damit eine noch gröfsere Menge Wasserdämpfe verdichtet; so wird der obere Raum noch mehr luftleer, und das Wasser fängt in der Flasche von neuem an zu kochen. Senkt man die ganze Flasche bis beinahe an den Hals in kaltes Wasser (in einen Glasbecher), so geräth die ganze Wassermasse in der Flasche in ein heftiges Kochen, weil die Wasserdämpfe im oberen Theile der Flasche durch das sie umgebende kalte Wasser unaufhörlich verdichtet werden, und dieses Kochen dauert so lange fort, bis das Wasser zu einem gewissen Grade abgekühlt ist, was gewöhnlich gegen eine Viertelstunde dauert.

Gay-Lussac hat die Bemerkung gemacht, dafs flüssige Körper leichter in Gas verwandelt werden, wenn sie mit eckigen, rauhen und unebenen Oberflächen in Berührung stehen, als wenn sie von völlig glatten und ebenen Flächen berührt werden. Ich habe schon oben seiner Beobachtung erwähnt, das Wasser in Metallgefäfsen bei $1\frac{1}{2}$ Grad niedriger Temperatur, als in Glasgefäfsen kocht, weil die Oberfläche des Metalls, selbst wenn sie polirt ist, immer noch Unebenheiten behält, die sich an der durch Schmelzung gebildeten Oberfläche des Glases nicht finden. Erhitzt man Wasser in einem Glasgefäfse bis zu dem Punkte, wo es eben zu kochen anfangen soll, und wirft dann Eisenfeilspähne, gepulvertes Glas, oder irgend einen andern Körper in Pulvergestalt hinein, so geräth es augenblicklich in heftiges Kochen, so dafs es oft überläuft, ungeachtet es durch das zugesetzte Pulver abgekühlt wird, und fährt dann auch fort, bei derselben Temperatur, wie im Metallgefäfse, zu kochen. Der Wärmestoff scheint daher von unebenen Oberflächen leichter, als von ebenen, mitgetheilt zu werden, so wie wir weiter unten bei der Elektricität ein gleiches Verhalten kennen lernen werden. Inzwischen kann dieſs nicht die einzige Ursache jener Erscheinung sein, weil, wenn man

in eine Flüssigkeit, in welcher ein Gas aufgelöst und dem Entweichen nahe ist, ein Pulver von gleicher Temperatur mit der Flüssigkeit selbst bringt, ein Theil des Gases von der Oberfläche der Pulverkörnchen aus entwickelt wird.

Das Sieden ist inzwischen nicht die einzige Weise, die Körper in Luftgestalt zu versetzen. Die meisten flüchtigen Körper lassen schon bei der gewöhnlichen Lufttemperatur einen sehr kleinen Theil ihrer Masse fahren, der in Luftgestalt entweicht, und dessen Menge bei erhöhter Temperatur sich vermehrt. Die Körper verlieren dabei unaufhörlich am Umfange, und wenn dieſs mit Flüssigkeiten der Fall ist, so sagt man, sie trocknen ein. Ihr allmähliges Aufsteigen in Luftgestalt nennt man Verdunstung. Sie geht am leichtesten im luftleeren Raume, in der Luft aber desto langsamer vor sich, je schwerer diese ist, am langsamsten aber in solcher Luft, die mit dem verdunsteten Körper schon stark geschwängert ist.

Um zu zeigen, wie leicht die Verdunstung in einem Raume vor sich gehe, welcher dem Drucke der Luft nicht ausgesetzt ist, hat man ein eigenes Werkzeug erfunden (Taf. 1. Fig. 3.). Man bläst an beiden Enden einer Glasröhre Kugeln an, wovon die eine nach aufsen zugeblasen, die andere aber in eine feine Spitze ausgezogen wird. Diese Röhre füllt man durch die feine Spitze zu $\frac{2}{3}$ mit Wasser, und zwar dergestalt, dafs man die Kugel erwärmt, die Luft dadurch austreibt, und sodann die Spitze ins Wasser steckt, welches nun beim Zusammenziehen der Luft während des Abkühlens in die Röhre eindringt. Hierauf stellt man die Röhre in einer etwas geneigten Richtung mit der Spitze nach oben, bringt unter die untere Kugel eine Spirituslampe, und läfst das Wasser ungefähr eine halbe Stunde lang, oder so lange kochen, bis es nur noch einen kleinen Raum in der Kugel einnimmt; das Kochen mufs sehr gleichförmig unterhalten und aller Luftzug vermieden werden, weil beim Unterbrechen des Kochens sehr leicht wieder Luft durch die Spitze eingezogen wird. Ist das Wasser durch Ko-

chen so weit vermindert, so schmelzt man die Spitze zu, während man die Spirituslampe unter der siedenden Kugel immer tiefer senkt und endlich ganz wegnimmt, sobald die Spitze zugeblasen ist. Diese wird sodann so nahe wie möglich am Umkreise der Kugel abgeschmolzen. Hält man nun (wie Fig. 3. zeigt) die Röhre in schiefer Richtung, so dafs in der untern Kugel, die man in die Hand nimmt, noch ein kleiner luftleerer Raum bleibt, so fängt die Oberfläche des eingeschlossenen Wassers durch die Wärme der Hand an zu verdunsten, und es steigt aus der Kugel eine Blase von Wassergas nach der andern in das Rohr. Ist die Vorrichtung gut gemacht und gehörig luftleer, so verdichtet sich jede Luftblase, ehe sie noch die Oberfläche des Wassers im Rohre erreicht, mit einem kleinen Knall, indem das Wasser beim Verschwinden der Blase zusammenschlägt. Man hat dieses Werkzeug deshalb einen Pulshammer genannt, weil ein schnellerer Puls gewöhnlich eine gröfsere Wärme der Hand, diese aber ein schnelleres Aufsteigen der Luftblasen in der Glasröhre erzeugt. Läfst man keinen luftleeren Raum in der Kugel, so erfolgt diese Erscheinung nicht, weil dann keine verdunstende Oberfläche gebildet wird und die Wärme der Hand nicht hinreicht, um das Wasser zum Kochen zu bringen.

Dieſs alles bezieht sich bloſs auf die Verdunstung im luftleeren Raume; sie findet aber auch in der Luft und in anderen luftförmigen Körpern statt, und ich werde daher bei der Lehre von der Verdunstung des Wassers in der Luft zugleich von der Verdunstung flüchtiger Körper im Allgemeinen handeln, und die bisher entdeckten Gesetze für diese anführen, die allen verdunstenden Körpern gemeinschaftlich zu sein scheinen.

Einen in Luftgestalt verwandelten Körper nennt man ein Gas, zum Unterschied von Luft, worunter man eigentlich dasjenige Gasgemenge versteht, was unsere Erdatmosphäre ausmacht. Ein Gas ist, wie ein Liquidum, ein flüssiger Körper; allein seine kleinsten Theilchen breiten

ten sich nach allen Richtungen aus, und nehmen daher in unseren Gefäfsen keine horizontale Oberfläche an.

Bei allen diesen Veränderungen, welche der Wärmestoff in der Aggregationsform der Körper hervorbringt, verbinden sich diese mit einem Theile des Wärmestoffs, der alsdann einen wesentlichen Bestandtheil der flüssigen Körper ausmacht, ohne welchen sie nicht flüssig sein könnten, und welcher sich nun weder durch das Thermometer, noch auch unserem Gefühle mehr offenbaret. Diesen Wärmestoff nennt man gebundenen Wärmestoff, zum Unterschiede von demjenigen, welchen die Körper ohne Veränderung ihrer Aggregationsform aufnehmen und fahren lassen können, und welcher immer auf unser Gefühl und auf das Thermometer wirkt, und deshalb freier Wärmestoff genannt wird.

Zur Erläuterung dieses Gegenstandes diene folgendes Beispiel. Man stelle zwei Schaalen, wovon die eine ein Pfund eiskaltes Wasser, die andere aber eben so viel schmelzenden Schnee enthält, nicht weit von einander auf einen geheitzten Stubenofen. Nach einer Weile wird man finden, dafs die Schaale mit Wasser schon wärmer als vorher ist, und endlich lauwarm wird, dagegen aber die andere Schaale, worin der Schnee im Schmelzen ist, noch eben so kalt ist, als vorher, ungeachtet sie eine gleiche Menge Wärmestoff erhalten hat. Dieſs rührt daher, dafs aller Wärmestoff, welchen der Schnee empfängt, sich mit ihm zu flüssigem Wasser vereiniget, also gebunden wird, und daher weder auf das Thermometer, noch auf unser Gefühl mehr wirken kann. Ist aber aller Schnee geschmolzen, und wird daher kein Wärmestoff mehr gebunden, so fängt auch diese Schaale an sich zu erwärmen, oder freien Wärmestoff zu erhalten.

Wenn Wasser, nicht durch Erkältung, sondern durch Einwirkung irgend einer anderen Kraft, feste Gestalt annimmt, so entwickelt sich der daran gebundene Wärmestoff auf einmal, wird frei und erzeugt eine starke Hitze. Wenn man z. B. gewisse Salzauflösungen in der Wärme bis zu einem gewissen Grade stark abdampft, und dann

abkühlen läfst, so bleibt die Flüssigkeit bei völliger Ruhe klar und unverändert; rührt man sie aber um, so erstarrt die Salzmasse auf einmal, und wird durch den gebundenen Wärmestoff, durch welchen sie flüssig erhalten wurde, der aber im Augenblicke des Erstarrens wieder frei wird, erwärmt. Eben so wird Wasser, das man bei vollkommener Ruhe einer Kälte von — 3° bis — 5° aussetzt, bis zu — 3° und — 5° erkältet, ohne zu gefrieren; schüttelt man es aber dann schnell um, so friert es sogleich, und ein hineingesetztes Thermometer steigt von dem Kältegrade, den das Wasser hatte, bis 0, weil nunmehr der gebundene Wärmestoff des Wassers augenblicklich frei wird.

Wenn ein Körper aus dem flüssigen in den gasförmigen Zustand übergeht, so vereinigt er sich mit einer noch weit gröfseren Menge Wärmestoff, die, so lange der Körper seine Gasgestalt behält, vom Thermometer nicht angegeben wird. Daher kann eine Flüssigkeit nicht über ihren Siedepunkt hinaus erhitzt werden, weil aller Wärmestoff, den sie nachher noch erhält, gebunden und vom aufsteigenden Gase fortgeführt wird. Dabei ist der Umstand noch zu bemerken, dafs viele Körper, welche Gasgestalt angenommen haben, weder durch Erkalten, noch durch Zusammendrücken, noch durch beides zusammen, wieder zur flüssigen oder festen Gestalt gebracht oder von ihrem Wärmestoffe wieder getrennt werden können. Solche Körper nennt man beständige oder permanente Gase; Beispiele davon liefern das Sauerstoffgas, Stickstoffgas, Wasserstoffgas u. m. a. Durch Verbindung mit andern Körpern können sie eben so, wie sich das Wasser mit gebranntem Kalk vereiniget, in feste oder flüssige Gestalt gebracht werden, wobei sich ihr Wärmestoff ausscheidet, frei und fühlbar wird. Jedes Gas hat daher zwei Hauptbestandtheile, Wärmestoff und einen wägbaren Stoff, von welchem es seinen Namen erhält.

Die Gase, welche durch Zusammendrückung oder Abkühlung in den festen oder tropfbar-flüssigen Zustand versetzt werden können, theilen wir, hinsichtlich der

Leichtigkeit, womit dieſs geschieht, in zwei Klassen ein. *a)* Coërcible Gase, welche bei dem gewöhnlichen Druck und gewöhnlicher Temperatur der Luft ihre Gasform behalten, aber die bei einem Drucke, der wenigstens drei Atmosphären entsprechen muſs, oder bei einer Abkühlung, die dem Gefrierpunkte des Quecksilbers sich nähert, oder noch unter demselben ist, sich verdichten lassen. Wir haben diese Gasarten lange für permanente angesehen, bis Faraday neulich gezeigt hat, daſs sie durch einen erhöhten Druck tropfbar-flüssig werden können. So z. B. hat er Chlorwasserstoffgas, Chlorgas und Chloroxydgas, beide Oxyde des Stickstoffes, kohlensaures Gas, Schwefelwasserstoffgas, Ammoniakgas und Cyangas in tropfbar-flüssigen Zustand dargestellt, wenn sie einem erhöhten Druck ausgesetzt wurden, der für ungleiche Gase ungleich ist, z. B. für Cyangas kaum vier Atmosphären, für kohlensaures Gas einige dreiſsig, und für Stickstoffoxydul bis + 7° funfzig Atmosphären. Bussy hat uns nachher gezeigt, daſs durch ungewöhnlich hohe Grade der Kälte man einen Theil der Resultate erhalten, die Faraday bekommen hat. Ich werde bei jedem von diesen Körpern besonders mittheilen, was man in dieser Hinsicht ausgemacht hat. *b)* Unbeständige Gase, die durch Kochen von Körpern, welche bei der gewöhnlichen Temperatur und dem gewöhnlichen Druck der Luft fest oder tropfbar-flüssig sind, wie z. B. Aether, Alkohol, Wasser, Schwefel, verschiedene Metalle u. s. w., gebildet werden. So lange man diese Körper in einer Temperatur erhält, die ihren Siedepunkt übersteigt, so behalten sie Durchsichtigkeit, Spannkraft und alle Eigenschaften eines Gases; sobald sie aber einen kalten Körper berühren, theilen sie diesem ihren gebundenen Wärmestoff mit, erwärmen denselben, und das Gas sammelt sich nun um ihn in flüssigen Tropfen, oder schieſst in fester Gestalt an ihn an.

Kommt ein solches Gas an die freie Luft, so wird ihm sein Wärmestoff von dieser entzogen, und in jedem Punkte derselben ein kleiner Theil davon abgesetzt, so

dafs die Luft davon undurchsichtig wird und gleichsam eine Art Rauch bildet. In diesem Zustande ist es aber nicht mehr Gas, sondern bildet blofs feste oder flüssige in der Luft angehäufte Theilchen, die sich noch nicht haben zusammensammeln können, und erhält dann den Namen Dampf oder Dunst. Wenn man z. B. in einem Glasgefäfse, was zu einer feinen Röhre ausgezogen ist, Wasser zum Sieden bringt, so findet man das Wassergas im Gefäfse oberhalb der Flüssigkeit völlig durchsichtig, sobald es aber aus der Röhre hervortritt, wird es augenblicklich trübe, und bildet eine mehr oder weniger dicke Wolke, welche daher entsteht, dafs das Wassergas, was innerhalb des Gefäfses genug Wärmestoff gebunden hatte, um seine Luftgestalt und Durchsichtigkeit zu behalten, in der Luft abgekühlt und in unendlich kleinen Tropfen, oder richtiger, in kleinen Bläschen niedergeschlagen wird, welche jene Wolken bilden.

Unter dem Namen Dämpfe verstehen manche diejenigen Gase, welche durch Kochen gebildet werden, sowohl in ihrem vollkommen gasförmigen, als im schon gefällten, oder eigentlich dampfförmigen Zustande; dieſs ist jedoch unrichtig. Es liegt in der Natur der unbeständigen Gasarten, dafs sie weit leichter als die coërciblen in der Temperatur, die erforderlich ist, damit sie gasförmig bleiben, zu flüssigen oder festen Körpern zusammengedrückt werden können; daher kommt es auch, dafs der Kochpunkt, wobei sie gebildet werden, bei einem erhöhten Drucke in demselben Verhältnifs höher wird. Wenn die beständigen oder coërciblen Gasarten einem erhöhten Druck ausgesetzt werden, der indessen nicht hinlänglich ist, um die coërciblen zu verdichten, so vermindert sich ihr Volumen, aber ihre Spannkraft, d. h. der Druck, den sie auf die Wände des sie umschliefsenden Gefäfses ausüben, wird in demselben Verhältnifs vermehrt, als der Druck zunimmt. Dasselbe geschieht indessen nicht auf gleiche Art mit den unbeständigen Gasarten; jede erhöhte Pression condensirt einen Theil des Gases, so dafs nur für den unverdichteten, dessen Temperatur durch die

gebundene Wärme des verdichteten erhöht wird, das gilt, was ich kurz vorher von der Spannkraft der zusammengedrückten Gase angeführt habe. Ganz im Gegensatz hiermit hat Cagnard de la Tour gezeigt, dafs flüchtige Flüssigkeiten in einem gesperrten Raume durch eine erhöhte Temperatur in Gasform verwandelt und in einen Raum geschlossen werden können, der einige wenige Multipla von dem des flüssigen Körpers ausmacht; wobei man gefunden hat, dafs das Gas einen beträchtlich geringeren Druck auf die Wände des Gefäfses ausübt, als aus der Berechnung von dem Raume, den es einnimmt, verglichen mit dem, den es bei derselben Temperatur einnehmen sollte, folgen mufste. Cagnard de la Tour schlofs Aether, Alkohol, Naphta, Terpenthinöl und Wasser in kleine Röhren von Glas ein, die von jeder Flüssigkeit bis zur Hälfte gefüllt wurden, worauf das offne Ende der Röhre, ohne dafs die Luft vorher durch Kochen ausgejagt war, zugeschmolzen wurde. Als die Röhre nachher mit Behutsamkeit erhitzt wurde, verwandelte sich die eingeschlossene Flüssigkeit in Gas. Aether nahm Gasform in einem Raum, der kaum zweimal das Volumen des Aethers einnahm, bei + 160° an, und übte dabei einen Druck von 37 bis 38 Atmosphären aus; Alkohol nahm Gasform bei + 207° in einem Raume von ungefähr dreimal des Volumen des flüssigen Alkohols an, und übte dabei einen Druck von ungefähr 119 Atmosphären aus. Wasser zersprengte gewöhnlich das Glas, weil es die Masse desselben aufzulösen anfing, aber durch einen Zusatz von etwas kohlensaurem Natron glückte es, diese schädliche Wirkung zu verhindern, und bei der Schmelzhitze des Zinkes erhält sich das Wasser in Gasform eingeschlossen in einem Raum, viermal gröfser, als das Volumen des flüssigen Wassers.

Wenn wir uns Rechenschaft von dem Vermögen der Wärme, das Volumen der Körper zu ändern, zu geben suchen, so gewinnen wir eine leichtere Vorstellung, wenn wir annehmen, dafs die Körper aus unendlich kleinen Theilen bestehen, die von Wärme umgeben wären, so dafs sie sich

nicht einander berühren. Wird die Menge der Wärme, die in einen Körper eindringt, vermehrt, so wird auch der Abstand zwischen den kleinsten Theilen vermehrt, und das Volumen des Körpers wird gröfser. Die Beschaffenheit von der Aggregationsform, in welcher ein Körper sich befindet, beruht nach de Laplace auf dem gegenseitigen Verhalten dreier Kräfte. Diese Kräfte sind: *a)* Die Attraction eines jeden der kleinsten Theile zu den übrigen kleinsten Theilen, welche es umgeben, wodurch sie streben, sich einander so viel wie möglich zu nähern. *b)* Die Attraction eines jeden der kleinsten Theile zu der Wärme, welche die andern nahe liegenden Theile umgiebt. *c)* Die Repulsion zwischen der Wärme, die jedes kleinste Theilchen umgiebt, und der Wärme, die die nahe liegenden Theilchen umgiebt, welche Kraft die kleinsten Theile des Körpers zu trennen strebt. Wenn die erste von diesen Kräften überwiegend ist, so ist der Körper fest; wenn die Menge der Wärme vermehrt wird, so wird bald die zweite Kraft herrschend, die kleinsten Theile bewegen sich dann mit Leichtigkeit, und der Körper ist flüssig. Die kleinsten Theile werden indessen noch durch die Attraction zu der nahe liegenden Wärme innerhalb desselben Raumes, den der Körper vorher einnahm, zusammengehalten, aufser an der Oberfläche, wo die Wärme ihn trennt, d. h. die Verdunstung verursacht, bis dafs irgend ein Druck die Trennung hindert. Wenn die Menge der Wärme so vermehrt wird, dafs ihre gegenseitige Repulsionskraft die Attraction der kleinsten Theile zu einander überwindet, so verbreiten sie sich nach allen Richtungen, so lange sie kein Hinderniſs finden, und der Körper nimmt Gasform an. Dafs in dem Gaszustand, in welchen Cagnard de la Tour einige flüchtige Flüssigkeiten gebracht hat, der Druck nicht dem entspricht, den er nach der Berechnung haben müfste, scheint davon herzurühren, dafs wenn die kleinsten Theile nicht Gelegenheit bekommen, sich weit zu trennen, die beiden ersten Kräfte noch wirken, und dadurch die Spannkraft des Gases hindern, welche sich erst mit ihrer ganzen Stärke einstellt,

wenn die kleinsten Theile so weit von einander getrennt sind, dafs der Einfluſs dieser Kräfte aufhört.

Verschiedenartige Körper können bei gleichen Wärmegraden dennoch verschiedene Mengen Wärmestoff enthalten, oder mit andern Worten: von zwei gleich kalten Körpern, die bis zu gleichem Grade erwärmt werden sollen, kann der eine mehr Wärmestoff hiezu erfordern, als der andere. Diese ungleiche Menge Wärmestoff, welche die Körper bei gleicher Temperatur enthalten, heiſst ihre eigenthümliche (specifische) Wärme. Von einem Körper, welcher eine gröſsere eigenthümliche Wärme, als ein anderer, besitzt, sagt man, er habe eine gröſsere Capacität für Wärme; diese Eigenschaft steht aber mit der Dichtigkeit der Körper aufser Verbindung, da ein dichter Körper oft eine gröſsere eigenthümliche Wärme besitzt, als ein minder dichter, und umgekehrt.

Wenn man gleiche Theile eiskaltes und siedendheiſses Wasser mit einander mengt, so nimmt das Gemenge nachher eine Wärme von 50° an, weil das warme und kalte Wasser einerlei Wärme-Capacität besitzen. Mengt man hingegen eiskaltes Wasser mit einer gleichen Gewichtsmenge bis zu + 100° erwärmten Quecksilbers, so nimmt das Gemenge nur eine Temperatur von + 3° an, und folglich gebraucht das Quecksilber, um bis zu + 97° erwärmt zu werden, nicht mehr Wärmestoff, als das Wasser zu seiner Erwärmung bis zu + 3° bedarf. Mengt man gleiche Gewichtstheile + 100° warmes Wasser und 0° warmes Quecksilber zusammen, so wird aus demselben Grunde das Gemenge eine Temperatur von + 97° zeigen, weil das Wasser nur 3° herzugeben braucht, um das Quecksilber bis auf 97° zu erwärmen. Das Wasser enthält demnach bei gleichem Wärmegrade ziemlich 33mal soviel Wärmestoff, als das Quecksilber. Zur Vergleichung der eigenthümlichen Wärme fester und flüssiger Körper bedient man sich gewöhnlich, wie bei Bestimmung des eigenthümlichen Gewichts, des Wassers zum Maafsstabe, dessen eigenthümliche Wärme = 1,000 angenommen wird.

Die eigenthümliche Wärme des Quecksilbers beträgt hiernach 0,033. Die eigenthümliche Wärme der Gasarten hingegen bestimmt man nach der eigenthümlichen Wärme der Luft, welche = 1,000 gesetzt wird.

Da sich indessen nicht alle Stoffe auf die angegebene Weise mengen lassen, und überhaupt während des Mengens viel Wärmestoff von der Luft und den übrigen Umgebungen fortgeführt wird; so hat man zum Messen der eigenthümlichen Wärme der Körper ein eigenes Werkzeug erfunden, welches den Namen Calorimeter erhalten hat. Es besteht in der Hauptsache aus einer Eiskugel, in welche die Körper, deren specifische Wärme zu untersuchen ist, hineingelegt werden. Die Eiskugel wird äufserlich abwechselnd von Nichtwärmeleitern und Eis umgeben, so dafs sie fortdauernd auf 0 erhalten wird und durch die Temperatur der umgebenden Luft nicht geschmolzen werden kann. Wenn man nun einen Körper von bestimmtem Gewichte, und der bis zu einem gewissen Grade über 0 erwärmt ist, in die Eiskugel auf ein darin angebrachtes Gestelle legt, so mufs derselbe bei seiner Abkühlung bis zum Frostpunkte eine gewisse Menge Eis schmelzen, die mit der Menge seines eigenthümlichen Wärmestoffs im Verhältnisse steht. Die Calorimeter sind daher so eingerichtet, dafs man das geschmolzene Wasser auffangen und wägen kann; die eigenthümliche Wärme der Körper verhält sich wie das Gewicht des Eises, welches sie bei ihrem Erkalten geschmolzen haben. Wenn man zum Beispiel in die Eiskugel des Calorimeters 2 Loth Wasser von + 40° Wärme stellt, so schmilzt dasselbe z. B. 1 Loth Eis; stellt man hingegen 2 Loth Quecksilber von gleicher Temperatur hinein, so schmelzen diese nur $\frac{33}{1000}$ Loth des Eises. Da auf dieselbe Weise 2 Loth Eisen von + 40° nur $\frac{125}{1000}$ Loth Eis, oder etwas darüber, schmelzen, so mufs dessen eigenthümliche Wärme 0,125 sein, u. s. w.

Das Thermometer bestimmt daher den Wärmegrad eines Körpers, das Calorimeter hingegen seine Wärmemenge bei einem gegebenen Wärmegrade.

Dulong und Petit haben sich eines anderen Ver-

fahrens zum Messen der eigenthümlichen Wärme der Körper bedient, welches sich auf den Umstand gründet, daſs die Körper desto langsamer in einem gegebenen Medium und unter übrigens gleichen Bedingungen erkalten, je gröſser ihre eigenthümliche Wärme ist. Ihre Methode geht also darauf hinaus, den Zeitraum zu bestimmen, in welchem verschiedene Körper, von einer gewissen gegebenen Temperatur an und unter übrigens gleichen Umständen, erkalten. Zu diesem Behuf bedienen sie sich eines kleinen cylindrischen Gefäſses von dünnem Silberbleche, welches äuſserlich blank ist, und in dessen Axe ein Thermometer eingesetzt wird, dessen Röhre durch ein dazu bestimmtes Loch im Deckel des Gefäſses geht. Der Körper, dessen eigenthümliche Wärme untersucht werden soll, wird gepulvert und so in den Cylinder eingefüllt, daſs die Thermometerkugel mitten in die Masse desselben zu stehen kommt. Dadurch wird gewonnen, daſs die Oberfläche immer gleich groſs und stets gleichförmig ausstrahlend bleibt. Hierauf wird der Cylinder erhitzt und unter einen Recipienten gebracht, welcher luftleer gepumpt werden kann. Sobald der Cylinder soweit erkaltet ist, daſs das in seinem Innern befindliche Thermometer noch eine um 10° höhere Temperatur zeigt, als der Raum, worin der Versuch geschieht, bemerkt man diesen Grad und berechnet die Zeit, welche der Cylinder bedarf, um zu einer Temperatur, welche die ihn umgebende Luft um 5° übersteigt, zu erkalten. Dadurch, daſs der Cylinder im luftleeren Raume erkaltet und sein Aeuſseres wegen seiner polirten Oberfläche wenig Wärme ausstrahlt, wird die Zeit, in welcher er erkaltet, verlängert, und die Resultate werden zuverlässiger; um aber die eigenthümlichen Wärmegrade daraus zu berechnen, ist ein Calcul nothwendig, dessen Beschreibung auſser den Gränzen eines chemischen Lehrbuchs liegt.

Dulong und Petit haben gefunden, daſs die eigenthümliche Wärme mit der Temperatur zunimmt. So beträgt z. B. die des Eisens, nach den aus ihren Versuchen

abgeleiteten Mittelzahlen, zwischen 0° und 100° = 0,1098; zwischen 0° und 200° = 0,1150; zwischen 0° und 300° = 0,1218; und endlich zwischen 0° und 350° = 0,1255. Folgende Tafel zeigt die Unterschiede zwischen der eigenthümlichen Wärme der folgenden Körper nach der Mittelzahl zwischen 0° und 100°, und 0° und 300°.

	Eigenthümliche Wärme nach einer Mittelzahl zwischen 0° u. 100°	zwischen 0° u. 300°.
Quecksilber	0,0330	0,9350
Zink	0,0927	0,1015
Antimon	0,0507	0,0549
Silber	0,0557	0,0611
Kupfer	0,0949	0,1013
Platina	0,0335	0,0355
Glas	0,177	0,190.

Die Wärme-Capacität der Körper kann durch mancherlei Ursachen verändert werden, und es entsteht bei jeder solchen Veränderung Wärme oder Kälte, je nachdem die Capacität entweder vermindert und ein Theil der eigenthümlichen Wärme des Körpers frei, oder erhöht und dabei mehr Wärme von den benachbarten Körpern aufgenommen wird. Durch Druck erleidet die Wärme-Capacität eine Verminderung, und es wird Wärmestoff dabei frei; z. B. wenn ein Metall gehämmert oder zu Drath gezogen wird, so vermindert sich sein Volumen, es wird dichter und verliert an eigenthümlicher Wärme.

Clement und Desormes haben sich bemüht, durch Versuche zu zeigen, dafs auch der leere Raum eine eigenthümliche Wärme habe, die sie so hoch schätzen, dafs sie bei + 12½° ein gleiches Volumen Luft von + 12½° bis + 114° sollte erhitzen können. Gay-Lussac hat aber durch einen sinnreichen Versuch gezeigt, dafs eine solche eigenthümliche Wärme des leeren Raumes nicht existirt, indem er im leeren Raume eines ungewöhnlich weiten

Barometers ein empfindliches Luftthermometer einschloſs, das $\frac{1}{800}$ eines Grades der Centesimal-Skale deutlich anzeigte. Wenn der leere Raum nun wirklich eine eigenthümliche Wärme enthält, so mufste, wenn dieser Raum, durch Steigen oder Fallen des Quecksilbers, plötzlich ausgedehnt oder vermindert wird, das Thermometer sichtbar steigen oder fallen, was aber nie geschah. Wenn er aber auch nur die kleinste Menge Luft hereinliefs, so stieg das Thermometer augenblicklich, als man das Quecksilber in der Barometerröhre höher aufsteigen liefs. Der leere Raum scheint daher nur strahlenden Wärmestoff enthalten zu können.

Bekanntlich wird auch durch Reiben Wärme erregt; wie sie aber dabei entstehe, ist nicht ausgemittelt. Graf Rumford stellte einen Versuch an, die beim Bohren einer Kanone sich entwickelnde Wärme zu bestimmen, und fand, dafs durch das Abdrehen einiger wenigen Loth Bohrspähne ein Pfund Wasser bis zum Sieden erhitzt und beim Fortsetzen des Bohrens im Kochen erhalten werden konnte. Wenn man den Unterschied zwischen der eigenthümlichen Wärme des Eisens und Wassers kennt, sieht man leicht ein, dafs hierbei die Wärme nicht durch die stärkere Zusammenpressung der Bohrspähne erregt worden sein kann. Wenn der Schmid einen Nagel hämmert bis er glühend wird, ungeachtet er durch das Hammern zusammengeschlagen wird, so kann doch der glühende Nagel keinen kleinern Raum einnehmen, als wenn er erkaltet ist. Die Erscheinung ist daher bis jetzt noch nicht erklärt.

Bemerkenswerth ist es, dafs Körper, welche die Elektricität leiten, wenn man sie gegen einander reibt, Wärme hervorbringen, Nichtleiter aber Elektricität erzeugen, und erst dann erwärmt werden, wenn die Elektricität die gröfste Höhe erreicht hat und nicht abgeleitet wird. Man darf daher den durch Reiben erregten, und den durch das Zusammendrücken gleichsam ausgepreſsten Wärmestoff nicht mit einander verwechseln. Um den letztern kennen zu lernen, ist folgender leichter Versuch hinreichend. Man

schneide sich ein Riemchen von Cautschuk (elastisches Gummi — Federharz), erwärme es bis zur Temperatur des Körpers, lege es dann zwischen die trockenen Lippen, und dehne es schnell und stark aus; man wird dabei deutlich fühlen, daſs es warm wird, und bei hinreichender Aufmerksamkeit wird man auch die Abkühlung beim Wiederzusammenziehen bemerken. Dehnt man ein Stück Federharz in Wasser von + 30° aus einander, so zieht es sich wieder zusammen, was im kalten Wasser nicht geschieht. Befestiget man an das eine Ende des Cautschuk-Riemchens ein kleines Gewicht, und hängt es an einer graduirten Skala auf, so wird man bemerken, daſs sich das Riemchen in der Wärme verkürzt und in der Kälte verlängert. Dasselbe geschieht mit einem Bindfaden, den man mit Wasser anfeuchtet, wo das Wasser die Rolle der Wärme spielt. Beide Versuche begünstigen die Ansicht, daſs der Wärmestoff die Körper eben so durchdringe und in ihnen zurückgehalten werde, wie das Wasser in poröse Körper eindringt und darin zurückbleibt.

Wenn man die Luft zusammendrückt, entsteht ebenfalls Wärme, und geschieht dieser Druck schnell und kräftig, so können oft brennbare Körper dadurch entzündet werden; z. B. in der Compressionspumpe einer Windbüchse kann man durch einige schnelle und starke Pumpenzüge Feuerschwamm, Baumwolle, Knallluft u. d. m. anzünden. Darauf gründet sich auch ein pneumatisches Feuerzeug (Luftfeuerzeug, *briquet pneumatique*), welches aus einem Rohre von Metall oder dickem Gläse besteht, in welches ein Stempel genau eingepaſst ist, und worin man durch einen einzigen Stoſs mit dem Stempel die Luft so zusammendrücken kann, daſs sie Feuerschwamm oder Baumwolle entzündet. Sobald das Zusammenpressen der Luft aufhört, nimmt sie auch ihr voriges Volumen und zugleich ihre vorige Wärme-Capacität wieder an, und es entsteht Kälte. Wenn man z. B. in einem groſsen Behälter die Luft bis zu einem bedeutenden Grade zusammendrückt, und sie dann durch ein Metallrohr ausströmen läſst, so wird dieses Rohr bis unter 0° abgekühlt, so

dafs Wasser darauf zu Reif und Eis erstarrt. Gay-Lussac hat gezeigt, dafs in zwei gleich grofsen Gasbehältern, wovon der eine mit Luft gefüllt, der andere aber luftleer ist, und in welchen beiden Thermometer angebracht sind, das Thermometer in dem mit Luft gefüllten Behälter zum Sinken kömmt, wenn man die Luft in den luftleeren Behälter übertreten läfst, in dem letztern aber ziemlich um eben so viele Grade steigt, als es in jenem gefallen ist. Die Ursache davon liegt darin, dafs die Luft in dem ersten Behälter sich immer mehr ausdehnt, während die im andern Behälter anfänglich höchst verdünnte Luft, welche sehr vielen Wärmestoff eingesogen hatte, nachher durch die zuströmende Luft fortdauernd zusammengepreſst, und dadurch genöthigt wird, die bei ihrer vorherigen Verdünnung aufgenommene Menge Wärmestoff wieder fahren zu lassen. Dahingegen hat Gay-Lussac gezeigt, dafs Luft, die aus einem Blasebalg in die Luft geblasen wird, nicht ihre Temperatur ändert, weil sie durch die Zusammendrückung innerhalb des Blasebalges gerade so viel Wärme in Freiheit gesetzt hatte, als sie beim Ausströmen in die Luft, wo der Druck aufhört, aufnehmen mufste, um ihre Temperatur unverändert zu behalten.

De la Rive der jüngere und Marcet der jüngere haben diese Versuche so verändert, dafs sie in einen luftleeren Raum Luft durch eine feine Röhre einströmen liefsen, die sich in einem Abstande von einigen Linien von der Kugel eines im leeren Raume aufgehängten sehr empfindlichen Thermometers öffnete. In den ersten 6 bis 7 Secunden fiel das Thermometer ein oder einige Grad nach der ungleichen Gröfse des luftleeren Raumes, aber nachdem der Druck innerhalb desselben 4 Zoll Barometerhöhe erreicht hatte, blieb der Thermometer stationär, bis der Druck 6 Zoll war, nachher fing es an zu steigen, und fuhr damit fort, so dafs es zuletzt einige Grade höher stand, als in dem umgebenden Medium. Die Ursache dieses Verhalten ist, dafs im ersten Augenblick, wenn die Luft hineinströmt, sie stark verdünnt und dadurch abgekühlt wird, so dafs, wenn sie mit der Thermometerkugel in Be-

rührung kommt, die Temperatur desselben sinkt; aber nachdem eine gewisse Menge Luft eingedrungen ist, fährt wohl das einströmende Gas fort, sich auszudehnen, aber das schon hineingedrungene wird zusammengedrückt, wodurch die Temperatur stationär wird, weil die eine eine gleiche Menge Wärme von sich giebt, wie die andere aufnimmt, und wenn dieſs eine Weile gedauert hat, wird die hineingedrungene in einem gröſsern Verhältniſs zusammengedrückt, als die hineindringende ausgedehnt wird, wodurch die Temperatur steigt. Daſs sie endlich höher ist, als die des umgebenden Mediums, kommt daher, daſs die Luft beim ersten Einströmen die Röhre abkühlte, durch welche sie hineingeleitet wurde, und nachher Wärme abgab, während sie den früheren Druck wieder erhielt. Wenn man in den leeren Raum Wasserstoffgas hineindringen läſst, so findet ganz dieselbe Erscheinung statt; aber wenn man, nachdem das Thermometer stationär geworden ist, atmosphärische Luft oder kohlensaures Gas hineindringen läſst, so fällt das Thermometer wiederum. Die Ursach davon ist, daſs die eigenthümliche Wärme des Wasserstoffgases geringer ist, als die der schwereren Gasarten (= 0,9033 : 1,0000), wodurch das hineingedrungene Wasserstoffgas nicht durch Zusammendrücken so viel Wärme giebt, als die eindringende Luft zu ihrer Ausdehnung bedarf.

Wenn die Wärme-Capacität eines Körpers vermehrt, oder derselbe durch irgend eine Kraft genöthigt wird, aus der festen Gestalt in die tropfbar-flüssige, oder aus dieser in Gasgestalt überzugehen; so entzieht er den benachbarten Körpern so viel Wärmestoff, als er zu dieser Verwandlung nöthig hat, und es entsteht dadurch Kälte. Wird z. B. ein Salz in Wasser gelöst, so muſs es flüssig werden, und in diesem Zustande einen Theil Wärmestoff binden; dadurch wird Kälte erzeugt, weil der vom Salze gebundene Wärmestoff für das Gefühl und Thermometer verschwindet. — Wenn man ein trockenes Salz, das eine starke Verwandtschaft zum Wasser hat, mit Schnee vermengt, so bilden beide eine flüssige Salzlösung und nehmen beim Zerflieſsen so vielen Wärmestoff von den na-

hen Körpern auf, dafs dadurch eine Kälte von mehreren Graden entsteht. Darauf gründet sich auch der bekannte Versuch, einen Teller im warmen Zimmer anfrieren zu lassen. Man stellt nämlich einen Teller in etwas Wasser, und füllt ihn mit feingestofsenem Salze und etwas Schnee, die man gut unter einander mengt. Nach wenigen Augenblicken ist der Teller festgefroren. Auch gründet sich darauf die Bereitung der Eiscrême. Je gröfser die Verwandtschaft des Salzes zum Wasser ist, desto schneller schmelzen beide auf Kosten der Wärme ihrer Umgebungen zusammen, und desto stärker wird die dabei entstehende Kälte. Daher geben alle Salze, welche Feuchtigkeit aus der Luft anziehen und dadurch flüssig werden, einen hohen Grad von Kälte, wenn man sie mit Schnee zusammenmengt.

Man hat mehrere sogenannte Frostmengungen, durch welche man, mitten im Sommer und ohne eine Hülfe durch Eis oder Schnee, die Temperatur unter den Frostpunkt bringen und Eis erzeugen kann. So z. B., wenn 5 Theile sehr fein gepulverter Salmiak mit 5 Theilen ebenfalls feingeriebenen Salpeters gemengt und mit 16 Theilen frisch gepumpten Brunnenwassers (von ungefähr + 10° Wärme) übergossen werden, so kühlt sich während der Auflösung der Salze die Mischung bis zu — 12° ab, und das Glas wird aufserhalb mit einer Eisrinde bedeckt, die durch die Feuchtigkeit der Luft verursacht wird, welche sich in Eis verwandelt. Je feiner die Salze gepulvert sind, je besser die Masse gemengt ist, und je schneller die Auflösung geschieht, eine desto stärkere Kälte entsteht. In den Ländern, wo es schwer hält, hinreichend frisches Wasser zum Trinken zu erhalten, bedient man sich dieser Frostmischung, in welche die Wasserflaschen gestellt werden. Nachher kann das Salz wieder ausgetrocknet und wiederum angewendet werden. — Will man noch höhere Grade von Kälte erhalten, so löst man 9 Theile feingeriebenes krystallisirtes phosphorsaures Natron in 4 Th. Scheidewasser auf, wodurch man die Temperatur der Mischung von + 10° bis zu — 24° herabsinken lassen kann.

Die beste Art, eine künstliche Kälte hervorzubringen, ist die, dafs man salzsauren Kalk (wovon weiter unten) so lange erhitzt, bis er in eine trockene, weifse, aufgeschwollene poröse Masse verwandelt ist, ihm dann ganz fein pulvert und durch ein Flortuch siebt, worauf das Salz sein durch die Hitze ausgetriebenes Krystallwasser wieder annehmen kann; man mengt dann das Pulver mit $\frac{1}{2}$, $\frac{2}{3}$ oder höchstens gleichen Theilen Schnee. Je kälter der Schnee ist, desto gröfser ist die Kälte, die man dadurch hervorbringt. Hat man das Salz nicht vorher gesiebt, so entsteht anfangs ein wenig Wärme, weil dann das geschmolzene Salz erst sein Krystallwasser wieder aufnimmt und das Wasser dabei eine festere Gestalt, als im Schnee, annimmt, wodurch Wärme entwickelt und die kühlende Kraft des Gemenges vermindert wird. Am besten macht man dieses Gemenge in einem hölzernen Gefäfse, welches wieder in ein anderes gestellt und darin mit einem Gemenge von Schnee und Kochsalz umgeben wird. In dem innern Gefäfse siebt man nun das Kalksalz und den Schnee in abwechselnden dünnen Lagen übereinander und um den Körper herum, welcher erkältet werden soll. Auf diese Weise hat man Quecksilber zur Annahme einer festen Gestalt und zum Krystallisiren gebracht, flüssiges Ammoniak und Aether in Krystallen anschiefsen lassen, u. s. w. Man mufs jedoch diese Versuche in möglichst kalten Wintern und mit wenigstens 2 bis 3 Pfund Kalksalz anstellen; am besten gelingen sie mit 10 bis 15 Pfund, und man hat in einem solchen Gemenge schon bis gegen drei Liespfund (60 Pfund) Quecksilber zum Festwerden gebracht. — Hat man nur kleine Quantitäten, so thut man am besten, erst nur ein Gemenge mit 1 Pfund Kalksalz zu machen, und wenn die erkältende Kraft desselben zu Ende geht, ein neues Gemenge zu bereiten, und den erkälteten Körper in dieses hineinzusetzen. Es schlägt selten fehl, dafs das Quecksilber nicht schon im zweiten Gemenge schnell erstarren sollte.

Eben so kann man auch durch das Verdunsten flüchtiger Körper Kälte erzeugen. Wenn man z. B. Aether auf eine

eine Thermometerkugel tröpfelt, so fängt das Quecksilber schnell an zu sinken; oder wenn man das Thermometer an einen Faden schwingt, oder es anhaucht, so kann das Quecksilber bis 0° herabsinken, weil die Verdunstung durch den steten Luftwechsel vermehrt wird. In Ostindien füllt man das Wasser des Nachts in poröse Steinkrüge, wodurch es nach aufsen fortdauernd verdunstet, innerlich aber so abgekühlt wird, dafs es zum Theil friert.

Leslie hat ein neues Verfahren erfunden, durch Verdunstung im leeren Raume sehr schnell eine heftige Kälte hervorzubringen. Man stellt unter die Glocke der Luftpumpe eine Untertasse oder ein anderes weites Gefäfs mit concentrirter Schwefelsäure, und einige Zoll über derselben eine kleine Glasschaale mit 2 bis 3 Loth Wasser. Nun pumpt man die Luft aus der Glocke so weit aus, bis das Quecksilber in der Probe nur noch $\frac{1}{4}$ Zoll hoch steht. Ist die Luft so weit ausgepumpt, so steigt das Wasser in Gasgestalt auf, und die Glocke enthält nun statt der Luft Wassergas. Die concentrirte Schwefelsäure hat indessen eine so grofse Verwandtschaft zum Wasser, dafs sie das Gas sogleich wieder zu flüssigem Wasser verdichtet, und dasselbe eben so schnell, als das Gas erzeugt wird, einsaugt und die Glocke vom Wassergas frei erhält. Hierdurch wird nun die Verdunstung des Wassers bis zu einem solchen Grade erhöht, dafs das im Gefäfse übrig bleibende seiner ganzen Masse nach zu Eis erstarrt. Die Ursache davon ist, dafs das in Gasgestalt aufsteigende Wasser Wärmestoff bindet und diesen von der im Wasser befindlichen freien Wärme aufnimmt, und weil dieſs mit einer solchen Schnelligkeit vor sich geht, dafs dieser Abgang durch die strahlende Wärme der Umgebungen nicht wieder ersetzt werden kann, so sinkt die Temperatur unter 0°, und das Wasser erstarrt. Ist die Luftpumpe nicht gut, so gelingt der Versuch nicht; sonst aber friert das Wasser in vier Minuten nach dem Auspumpen der Luft, wenn anders die verdunstende Oberfläche grofs genug ist. Das Wasser wird

bei diesem Versuche stets bis — 5° abgekühlt, ehe es friert, erstarrt aber dann auch meistens in einem Augenblicke. Die dabei gebrauchte Schwefelsäure wird durch das verdichtete Wasser verdünnt und erwärmt, so dafs der Wärmestoff sich gleichsam vom Wasser zur Säure flüchtet. Wenn man nach Beendigung des Versuches das Wasser durch Kochen wieder aus der Säure vertreibt, so kann diese zu demselben Zweck wieder angewandt werden. Leslie hat späterhin gefunden, dafs verschiedene stark getrocknete und pulverförmige Körper, z. B. Erde, Mehl u. d., die Stelle der Schwefelsäure vertreten können, und versichert, dafs stark getrocknetes Hafermehl die Schwefelsäure an Schnelligkeit der Wirkung beinahe noch übertrifft. Man bedient sich einer ähnlichen Verdunstungsweise bei den Auflösungen organischer Stoffe, und überhaupt bei Behandlung solcher Körper, welche durch Zutritt von Wärme oder Luft zersetzt werden.

Ein anderes Werkzeug zur Hervorbringung von Kälte nach gleichen Grundsätzen hat Wollaston erfunden, und Cryophorus (Eisträger) genannt. Es besteht aus einem Pulshammer, dessen beide Kugeln niederwärts gebogen sind, und welcher nur soviel Wasser enthält, dafs die eine Kugel nur zur Hälfte damit gefüllt ist. Man setzt die leere Kugel in ein Gefäfs, z. B. in ein Trinkglas, und umgiebt sie mit gestofsenem Eis oder Schnee, der mit feingeriebenem Kochsalze oder Salmiak wohl durchmengt ist. Der leere Theil des Pulshammers enthält nun zwar keine Luft, ist aber fortdauernd mit einem Theile Wassergas angefüllt, der sich an der innern Seite des Glases als Eis anlegt, wenn die Kugel im Salzgemenge bedeutend unter dem Gefrierpunkt abgekühlt wird. Dadurch entsteht ein luftleerer Raum, und das Wasser verdunstet in der nicht abgekühlten Kugel, um das verdichtete Gas wieder zu ersetzen; weil sich aber das Verdunstete in der abgekühlten Kugel eben so schnell wieder verdichtet, als es erzeugt wird, so wird das Wasser in der Kugel durch Verdunstung bis zu einem solchen Grade erkältet, dafs es in 4 bis 8 Minuten zu einem Eis-

klumpen erstarrt. Die Röhre zwischen beiden Kugeln kann sehr lang sein, ohne dafs das Gefrieren dadurch erschwert wird; allein die geringste Menge Luft im Pulshammer zerstört jede Wirkung.

Vor einigen Jahren machte Baron Edelcrantz den Vorschlag, in einem von ihm ausgedachten eigenen Instrumente die Luft zu verdichten, um sie dann bis zum höchst möglichen Grade abkühlen und wieder ausdehnen lassen zu können, und so durch Verbindung mehrerer einander abkühlender Vorrichtungen das Erkalten fast bis ins Unendliche fortzusetzen. Dieser Versuch wurde jedoch nicht zur Ausführung gebracht. Neuerlich hat man angeführt, dafs Hutton, ein schottischer Gelehrter, dem der Vorschlag des Baron Edelcrantz gewifs nicht bekannt war, durch einen nach ähnlichen Grundsätzen eingerichteten Abkühlungs-Apparat einen so hohen Grad von Kälte hervorgebracht hat, dafs Alkohol darin erstarrte, welches bisher fast die einzige Flüssigkeit war, die man nicht in fester Gestalt darzustellen vermochte. — Leslie zeigte, dafs in der Kugel eines bis zum Frostpunkte erkalteten Thermometers, wenn man sie mit Baumwolle umgiebt, die mit Aether angefeuchtet ist, das Quecksilber unter dem Recipienten einer Luftpumpe, bei schnellem Auspumpen der Luft, friert. Marcet führt an, dafs bei der Anwendung einer noch flüchtigeren Flüssigkeit, des Schwefelalkohols, das Quecksilber, ohne vorhergegangene Abkühlung, in Zeit von 3 bis 4 Minuten zum Gefrieren, und ein Weingeist-Thermometer bis — 60° erkaltet werden könne. Durch Verdunstung einer noch flüchtigeren Flüssigkeit, der schwefelichten Säure, eine der coërciblen Gase, die ohne erhöhten Druck bei — 18° flüssig wird, und die bei — 10° kocht, hat Bussy noch niedrigere Temperaturen hervorgebracht. Quecksilber gefriert in einigen Augenblicken, wenn die Kugel eines Thermometers mit Baumwolle umgeben wird, die mit der flüssigen schwefelichten Säure befeuchtet wird. In der Luft fällt das Alkoholthermometer bis zu — 57°, und unter der Luftpumpe bis zu — 68°. Dabei wird Spiritus von

0,85 e. G. fest. Bei diesen Kältegraden werden andere coërcible Gasarten condensirt, und wenn man nachher diese verdunsten läfst, werden noch höhere, aber bis jetzt noch nicht ausgemachte, Kältegrade hervorgebracht.

Was der Wärmestoff eigentlich sei, wissen wir nicht. Mehrere der angeführten Erscheinungen führen auf die Vermuthung, dafs Wärme und Licht einerlei Stoff sei, der, mit gröfserer Schnelligkeit fortgepflanzt, als Licht, mit minderer, als Wärme uns erscheint. Andere haben geglaubt, dafs die Wärme eine gewisse Schwingung der Körper sei, die sich unserem Gefühle als Wärme kund thue, kälteren Körpern sich mittheile, u. s. w. Allein alle diese Vermuthungen führen uns der wahren Kenntnifs von der eigenthümlichen Natur des Wärmestoffs nicht um einen Schritt näher. Dafs derselbe unwägbar ist und das Gewicht der Körper im luftleeren Raume nicht vermehrt, kann nur daher rühren, dafs derselbe, seiner chemischen Verwandtschaften ungeachtet, von der Erdmasse nicht angezogen wird, worin das Gewicht der Körper einzig und allein besteht. Es ist daher möglich, dafs es Stoffe giebt, die gar nicht von der Erde angezogen werden, und welchen daher die, allen andern Körpern gemeinschaftliche, Schwerkraft mangelt, und dafs Wärme- und Lichtstoff, Elektricität und Magnetismus solche Stoffe sind, die, wenn ihre kleinsten Theilchen keine Cohaesionskraft besitzen, durch den ganzen Weltraum sich ausbreiten müssen.

Dieſs mag sich nun so verhalten oder nicht, so erleichtert es doch die Erklärung aller durch die Wärme hervorgebrachten Erscheinungen, wenn man annimmt, dafs der Wärmestoff ein besonderer, unwägbarer Stoff, wie der Lichtstoff, sei, welcher zu einer grofsen Anzahl von Körpern Vereinigungs-Verwandtschaft besitzt, und mit ihnen bald festere, bald losere Verbindungen eingeht.

Der Wärmestoff vermehrt theils, theils verändert er die Vereinigungs-Verwandtschaften eines grofsen Theils der Körper, sowohl dadurch, dafs er bei gewissen Temperaturen Verwandtschaften erweckt, die bei andern Tem-

peraturen entweder ruhen, oder gänzlich aufgehoben werden. Für den ersten Satz spricht das alte chemische Sprüchwort: *Corpora non agunt, nisi soluta* (nur aufgelöste Körper können auf einander wirken). Das will so viel sagen: daſs feste Körper wenig oder gar nicht auf einander einwirken; dann aber, wenn beide, oder wenigstens einer von ihnen flüssig wird, das Spiel der Verwandtschaften in Wirksamkeit tritt.

Von dem letzteren Satze giebt das Quecksilber ein Beispiel ab. In der gewöhnlichen Wärme der Atmosphäre bleibt es unverändert, bei seinem Siedepunkte aber fängt es an, sich mit dem Sauerstoffe der Luft zu einem rothen Pulver (rothem Quecksilberoxyd) zu verbinden, und dieſs dauert so lange fort, als das Quecksilber im Kochen bleibt; erhitzt man aber dieses rothe Pulver noch mehr, so hört die Verwandtschaft des Quecksilbers zum Sauerstoff wieder auf; dieser entweicht als Sauerstoffgas, und das Quecksilber erhält wiederum seine vorige metallische Form.

Elektricität.

Wenn man eine Siegellackstange zwischen wollenem Zeuche reibt, so erhält sie die Eigenschaft, leichte Körper, z. B. kleine Papierschnittchen, an sich zu ziehen, und wenn man die Stange nahe über einen Tisch hält, so bemerkt man, daſs diese leichten Körperchen eine kleine Weile zwischen dem Siegellack und dem Tische auf- und niederhüpfen. Diese Erscheinung entsteht durch die Elektricität.

Schwefel, Bernstein, trockenes Glas u. m. a. haben dieselbe Eigenschaft. Sie wurde zuerst am Bernstein entdeckt, und weil dieser bei den Griechen Elektron hieſs, nach ihm Elektricität genannt.

Nicht alle Körper werden durch Reiben elektrisch; diejenigen, welche es am gewöhnlichsten und stärksten werden, sind, auſser den vorgenannten, Harz, Seide oder

Seidenzeuch, Wolle, Haare, im Ofen gedörrtes Holz, Wachs u. d. m. Diese Körper werden idioelektrische — selbstelektrische — genannt.

Wenn man die durch Reiben entstehende Elektricität etwas aufmerksamer beobachtet, so findet man, dafs sowohl der reibende, als der geriebene Körper elektrisch werden, beide aber in gewisser Hinsicht sich anders verhalten, so dafs die Elektricität in beiden verschiedenartig zu sein scheint.

Man glaubte anfänglich, dafs der geriebene Körper dem reibenden Elektricität entziehe, und dafs dadurch in jenem Ueberfluſs, in diesem aber Mangel an Elektricität entstehe; man hat aber nachher gefunden, dafs diese Vorstellungsweise unrichtig ist, und dafs beide Körper Ueberschufs an Elektricität empfangen, und Symmer bewies zuerst, dafs die Elektricität in beiden von verschiedener Art sei.

Daraus hat man den Schluſs gezogen, dafs in allen Körpern unsers Erdbodens ein Stoff enthalten sei, den man elektrische Materie *(Electricum, Electrogenium)* nennen könne, und wieder aus beiden einfachen Elektricitäten zusammengesetzt sei. Dieser Stoff besitzt keine Eigenschaft, wodurch er für unsere äufseren Sinne wahrnehmbar wird, sondern er offenbart sich erst dann, wenn er in seine Bestandtheile zerlegt wird.

Benjamin Franklin, welcher zuerst eine Theorie der Elektricität aufzustellen versuchte und den Unterschied beider Elektricitäten darin zu finden glaubte, dafs die eine Ueberschufs, die andere aber Mangel an Elektricität sei, nannte jene positive (+ E), diese aber negative Elektricität (— E), und diese Benennungen hat man auch bis jetzt beibehalten.

Die positive Elektricität (+ E) unterscheidet sich von der negativen (— E), ihrem Verhalten nach, in vielen Fällen sehr deutlich:

1) Durch die Figuren, die ein, auf einen elektrisirten Körper gesiebtes feines Pulver bildet; wenn man z. B. auf eine belegte Glasscheibe oder auf einen Harz-

kuchen ein metallenes Knöpfchen stellt und einen Funken von + E darauf fallen läfst; so entsteht, wenn man das Knöpfchen mittelst einer Siegellackstange weghebt, und ein wenig gepulvertes Harz oder auch gewaschene und wieder getrocknete Schwefelblumen über die elektrisirte Stelle siebt, eine sternförmige runde Figur. Stellt man den Versuch mit — E an, so entsteht auch eine runde Figur, aber ohne Strahlen, mit dendritenähnlichen Verästelungen. Der Versuch gelingt, selbst wenn man vor dem Elektrisiren das Pulver auf die Scheibe siebt.

2) Durch den Geschmack, wenn man die E aus einer elektrisirten Spitze auf die Zunge ausströmen läfst, wo die positive einen säuerlichen, die negative aber mehr einen brennenden, beinahe einen alkalinischen Geschmack erregt.

3) Durch die verschiedenartigen chemischen Erscheinungen, welche sie in den Körpern, besonders in flüssigen Stoffen, hervorbringen; so verwandelt z. B. + E, die aus einer Spitze auf angefeuchtetes Lackmuspapier ausströmt, dessen blaue Farbe in Roth, zum Beweise, dafs eine Säure dabei gebildet wird, und — E giebt ihm seine blaue Farbe wieder, u. s. w.

4) Durch ihr verschiedenes Licht. Wenn man + E aus einer etwas stumpfen Spitze ausströmen läfst, so bildet sich ein oft mehrere Zoll langer, röthlichblauer Lichtbüschel; läfst man aber — E aus derselben Spitze ausströmen, so zeigt sich blofs ein leuchtender Punkt. Im luftleeren Raume fallen diese Erscheinungen noch mehr in die Augen.

5) Durch den Umstand, dafs verschiedene Körper, unter gewissen Verhältnissen, die eine E leicht leiten, die andere aber nur höchst schwierig durch sich durchgehen lassen.

Zwei Körper, die einerlei Elektricität besitzen, stofsen einander ab, und ziehen sich im entgegengesetzten Falle an, wenn sie nämlich verschiedene Elektricitäten haben. Der Abstand, in welchem dieses vor sich geht, heifst der Wirkungskreis der Elektricität, die

elektrische Atmosphäre. Leichte Körper, welche nicht elektrisirt sind, werden in geringer Entfernung von elektrisirten angezogen, aber auch wieder zurückgestoſsen, sobald sie die E des elektrisirten Körpers angenommen haben. Treffen sie alsdann in der Nähe auf einen Körper, welcher die entgegengesetzte oder gar keine Elektricität besitzt, so werden sie von diesem angezogen, setzen ihre Elektricität an ihn ab, und werden dann von dem ersten elektrischen Körper wieder von neuem angezogen, so daſs man sie auf diese Weise so lange hin- und herhüpfen lassen kann, bis sie den gröſsten Theil der E des elektrischen Körpers an sich genommen und fortgeführt haben. Hierauf gründen sich mehrere elektrische Spielwerke, z. B. die elektrische Spinne, das Glokkenspiel, der Puppentanz u. d. m.

Diesen Umstand benutzt man auch, um die Art der Elektricität eines Körpers auszumitteln. Man hat z. B. schon durch Versuche bestimmt, das Glas, welches gerieben wird, + E, hingegen Harz stets — E annimmt. Nimmt man daher eine kleine, an den Enden zugeblasene Glasröhre und überzieht die eine Hälfte derselben mit einem Lackfirnisse, so giebt sie beim Reiben auf der lackirten Hälfte — E, auf der andern aber, wo das Glas bloſs ist, + E. Wenn man nun einem, an einem Seidenfaden aufgehängten Kügelchen von Fliedermark die E des zu untersuchenden Körpers mittheilt, so kann man mit jener Glasröhre leicht ausmitteln, von welchem Ende derselben das Kügelchen angezogen oder abgestoſsen wird.

Die Abstoſsung der Körper, welche einerlei E besitzen, hat auf die Erfindung eines Werkzeuges geführt, wodurch sich die Anwesenheit der Elektricität entdecken läſst, wenn sie von so geringer Stärke ist, daſs sie für sich unseren Sinnen nicht wahrnehmbar wird. Dieses Werkzeug besteht aus zwei kleinen Kügelchen von Kork oder Fliedermark, oder auch aus zwei feinen, zolllangen Strohhälmchen, die an einem feinen Faden aufgehängt sind, oder auch aus zwei an einem Metalldrath aufgehängten Goldblättchen, welche in der Nähe eines

elektrischen Körpers, oder innerhalb seines Wirkungskreises, dessen Elektricität annehmen und einander abstoſsen. Dieses Werkzeug nennt man Elektrometer (Elektricitätsmesser) oder, richtiger, Elektroskop (Elektricitätszeiger).

Gewisse Körper fassen die entwickelte E sehr leicht durch sich hindurchgehen und werden deshalb Elektricitätsleiter genannt. Die besten Leiter sind Metalle, Holzkohlen, Graphit (oder Reiſsblei) u. m. a. Andere Körper hingegen lassen die E schwieriger und langsamer durch; man nennt sie Halbleiter. Es gehören dazu Wasser, Kreide und Steinarten im Allgemeinen u. s. w. Noch andere Körper gestatten ihr beinahe gar keinen Durchgang; sie heiſsen Nichtleiter. Dahin gehören Glas, Harz und überhaupt alle diejenigen Körper, welche durch Reiben elektrisch werden.

Die beiden Elektricitäten + E und — E, die in ihrer Verbindung mit einander den für uns unbemerkbaren elektrischen Stoff ausmachen, können sowohl durch mechanische, als auch durch chemische Hülfsmittel von einander getrennt und für uns wahrnehmbar gemacht werden.

1. Erregung der Elektricität durch Reiben.

Sie erfolgt, wenn zwei Körper gegen einander gestoſsen oder gerieben werden.

In allen Körpern wird dadurch Elektricität erregt; in Leitern kann sie sich aber natürlicherweise nicht ansammeln, wenn sie nicht auf Nichtleiter so aufgestellt werden, daſs der freie Durchgang der E nach dem Erdboden dadurch verhindert wird. Wird ein Leiter auf diese Weise aufgestellt, so heiſst er isolirt.

Am besten und reichlichsten wird die Elektricität durch das Reiben von Nichtleitern erregt, wenn man z. B. Glas oder Harz mit Wolle oder Haaren reibt.

Die Trennung der beiden Elektricitäten wird hierbei dadurch bewirkt, daſs z. B. das Glas beim Reiben die

+ E des reibenden Körpers aufnimmt, und dadurch die — E, welche vorher mit der + E in dem reibenden Körper verbunden war, sich in diesem ansammeln muſs. Wird Harz gerieben, so findet ein gleiches Verhalten statt, nur mit dem Unterschiede, daſs das Harz die — E des reibenden Körpers an sich zieht, und daher die + E in diesem sich anhäuft.

Sind beide, sowohl der reibende als der geriebene Körper, isolirt, das heiſst, so von Nichtleitern umgeben, daſs die in ihnen freigewordene E nirgends hin entweichen kann, so ist die Trennung des elektrischen Stoffes in + und — E unbedeutend; wird aber einer von beiden, gleichviel welcher, durch einen Leiter mit dem Erdboden in Verbindung gesetzt, so daſs die E desselben entweichen und der Trennung der elektrischen Materie nicht weiter entgegenwirken kann, so sammelt sich die entgegengesetzte E in dem andern Körper in gröſserer Menge an. Verbindet man beide Körper durch Leiter mit der Erde, so verschwinden die meisten Merkmale der erregten E, weil sie im Augenblicke der Erregung von den Leitern aufgenommen und zur Erde zurückgeführt werden.

Stellt man einen isolirten Leiter an den elektrisirten Körper, so nimmt derselbe einen Theil der Elektricität des letztern auf, und wenn man mit einem Finger oder einem anderen leitenden Körper in seinen Wirkungskreis kommt, so bricht ein Funken hervor, wobei die E des Leiters verschwindet und gleichsam durch den ableitenden Körper zur Erde zurückgeführt und wieder ins Gleichgewicht gesetzt wird.

Allein dieser Funke ist keine einfache Mittheilung der E des elektrischen Körpers an den ableitenden, sondern er besteht aus der + E des einen und aus der — E des andern Körpers, die in irgend einem Punkte des Abstandes, welchen der Funke zu durchfahren scheint, sich vereinigen und in Gleichgewicht setzen. Hat der Körper, welcher dem elektrischen Leiter nahe gebracht wird, eine gleichförmig abgerundete Oberfläche, so er-

scheint der Funke mitten zwischen beiden Körpern. Dieſs rührt daher, daſs in demselben Augenblicke, wo der elektrisirte Körper einen Ueberschuſs, z. B. von + E, fahren läſst, auch der nicht elektrisirte, der diesen Ueberschuſs zur Erde abzuleiten scheint, eine entsprechende Menge — E los läſst, daher beide E auf halbem Wege sich begegnen, ins Gleichgewicht setzen und für unsere Sinne verschwinden. Daher wird der Funke im Vereinigungspunkte da abgebrochen, wo alle Erscheinungen von E aufhören.

Je mehr die Oberfläche abgerundet ist, desto leichter läſst sie die E fahren, so daſs, wenn man einen elektrisirten Leiter einem anderen, weniger abgerundeten, nicht isolirten Leiter nähert, der elektrische Funke zunächst bei dem letztern abgebrochen wird, weil aus ihm die E schwerer ausströmt. Vermindert man die Abrundung des einen Körpers bis zu einer Ebene, und zugleich den Durchmesser des andern abgerundeten Körpers nach und nach so weit, daſs dieser zuletzt eine Spitze bildet; so wird man finden, daſs das Abbrechen des Funkens sich dem abgeplatteten Körper immer mehr nähert, bis endlich, wenn man einer völlig ebenen Fläche eine Spitze entgegen hält, der elektrische Funke ganz verschwindet und beide E sich auf der ebenen Fläche selbst vereinigen. In diesem Falle erscheint die ausströmende positive Elektricität im Dunklen als ein röthlichblau leuchtender Lichtbüschel, die negative aber als ein kleiner leuchtender Stern.

Spitzen geben folglich stets Elektricität von sich, sie mögen übrigens selbst elektrisirt sein oder nur einem elektrischen Körper nahe gebracht werden, und können nicht Elektricität einsaugen, wie man früherhin sich vorstellte; daher eine Metallspitze, die man einem positiv elektrisirten Leiter, z. B. dem Conduktor einer Elektrisirmaschine, bis auf einen gewissen Abstand nähert, nicht von dem Conduktor + E einsaugt, sondern ihm — E zubläst, durch deren Vereinigung die Elektricität des Conduktors verschwindet. Man kann sich davon leicht über-

zeugen, wenn man zwischen der Spitze und dem Conduktor ein brennendes Licht hält, wo man das Blasen der Spitze auf die Flamme deutlich wahrnimmt. Dieses Blasen entsteht dadurch, daſs die Spitze die vor ihr befindliche Luft fortdauernd elektrisirt, und wenn diese gleiche E mit der Spitze angenommen hat, von letzterer abgestoſsen wird. Auf diesen Umstand gründen sich mehrere elektrische Spielereien, z. B. das elektrische Rad, die Windmühle u. a. m.

Elektrisirmaschinen nennt man diejenigen Vorrichtungen, vermittelst deren man die Elektricitäten durch Reiben erregen und sodann in isolirte Leiter sammeln kann.

Der Körper, welcher gerieben wird, ist gewöhnlich von Glas, entweder eine runde Scheibe, oder eine Kugel, oder am besten eine Walze, die sich auf einem Lederkissen reibt, auf welches etwas Musivgold, oder ein Amalgam (aus 1 Theile Zink, 1 Theile Zinn und 2 Theilen Quecksilber, welches man mit ein wenig Fett zu einer Salbe zusammenreibt), gestrichen wird. Nebenbei wird an das Lederkissen noch ein Stück Wachstuch so befestigt, daſs es sich beim Reiben um die gläserne Walze herumlegt. Dieses Kissen heiſst das Reibezeug, Frottoir.

Der isolirte Leiter besteht gewöhnlich aus Messing, steht auf einem Glasfuſse und wird der Conduktor genannt. Je gröſser die Oberfläche des Conduktors im Verhältnisse zu seinem Umfange ist, desto bessere Dienste leistet er, und umgekehrt. Daher kann ein langer und dünner Conduktor mehr Elektricität aufnehmen und an sich behalten, als ein kurzer und dicker von gleichem Cubikinhalte. Die Elektricität scheint sich nämlich durchaus nach der Oberfläche zu richten, und ein solider Conduktor kann daher nicht stärker elektrisirt werden, als ein hohler. Das von der Maschine abgewendete Ende des Conduktors muſs sich in eine ziemlich starke Kugel endigen, das der Maschine zugekehrte Ende aber, welches

½ bis 1 Zoll vom Glase abstehen muſs, in eine oder mehrere Spitzen ausgehen.

Wird die Maschine gedreht und durch Reiben elektrisch, so nimmt der Conduktor gleiche Elektricität an, aber nicht dadurch, daſs er sie vom Glase an sich zieht, sondern dadurch, daſs die durch Reiben in der Maschine erregte + E durch die aus dem Conduktor entgegenströmende — E gesättiget, dabei aber eine entsprechende Menge + E in dem Conduktor frei wird.

Auſser den erwähnten Spitzen des Conduktors müssen alle andere Spitzen in der Nähe der Maschine vermieden werden, weil sie ihr sonst entgegengesetzte E zuführen und die Wirkung derselben aufheben.

Feuchte Luft leitet die Elektricität, trockene hingegen verstattet ihr keinen Durchgang. In feuchter Luft kann daher kein Körper isolirt werden, vielmehr hebt solche die Wirksamkeit der Elektrisirmaschine ganz oder doch zum gröſsten Theile auf.

Wenn man an einer Maschine sowohl das Reibezeug, als auch den Conduktor isolirt, so entwickelt sich nur eine ganz schwache Elektricität; wenn man aber das Reibezeug mit dem Erdboden in Verbindung bringt, so fängt die Erregung der Elektricität an vor sich zu gehen, und der Conduktor nimmt bei gewöhnlichen Glasmaschinen + E an. Isolirt man umgekehrt das Reibezeug und bringt den Conduktor mit der Erde in leitende Verbindung, so wird das Reibezeug — elektrisirt, so daſs man auf diese Weise von einer gut eingerichteten Maschine nach Willkühr + und — E erhalten kann.

Wenn ein Nichtleiter, das heiſst, ein solcher Körper, welcher durch Reiben elektrisch werden kann, auf der einen Seite durch irgend einen Umstand freie Elektricität empfängt, so entweicht aus ihm auf der andern Seite, wenn er nicht aller ableitenden Gemeinschaft mit dem Erdboden beraubt (d. h. wenn er nicht isolirt) ist, eine eben so groſse Menge gleichartiger E. Es ist leicht einzusehen, daſs das Entweichen und Empfangen von

E ganz und gar davon abhängt, ob der Körper selbst spitzig oder von Spitzen umgeben ist.

Sind die Seiten eines auf diese Weise elektrisirten Nichtleiters mit Metallplatten bedeckt, so äufsert sich die Erscheinung noch stärker und deutlicher, und das um so mehr, je dünner der Nichtleiter ist. Wenn man z. B. eine neue, gehörig gereinigte und getrocknete Glasscheibe auf beiden Seiten mit Stanniol (Zinn, was bis zur Papierstärke ausgewalzt ist) so belegt, dafs, nach Verhältnifs der Gröfse der Scheibe, ein breiterer oder schmälerer Rand des Glases von der Belegung frei bleibt, um die leitende Gemeinschaft zwischen beiden Belegungen zu unterbrechen, und man läfst dann auf die eine Seite z. B. + E einströmen; so findet man bei Annäherung eines Fingerknöchels an die andere Seite, dafs hier eben so viele + E entweicht. Dadurch sammelt sich nun auf der einen Seite ein Ueberschufs von + E und auf der andern von — E. Stellt man dann eine leitende Verbindung zwischen den Metallbelegungen beider Seiten her, so springt ein heftig prasselnder Funke hervor, und wenn ein Mensch diese Verbindung mit den Händen bewirkt, so fühlt er eine starke Zuckung in dem Arm. Dieser sogenannte elektrische Schlag oder Stofs entsteht dadurch, dafs die auf beiden Seiten des Nichtleiters angehäuften beiden Elektricitäten sich mit aufserordentlicher Heftigkeit ins Gleichgewicht setzen und zu dem unbemerkbaren elektrischen Stoffe verbinden. Mit ihnen zugleich verschwinden auch alle Spuren von Elektricität in der Scheibe.

Anstatt solcher mit Metallplatten belegter Glasscheiben, bedient man sich auch gläserner Flaschen oder anderer gröfserer Glasgefäfse, deren äufsere und innere Seite, bis auf eine Breite von 2 bis 4 Zoll um die Oeffnung herum, welche frei bleibt, mit Stanniol oder Blattgold belegt wird. Die Oeffnung verschliefst man mit einem Kork, durch welchen ein starker Metalldrath geführt wird, der mit seinem untern Ende die innere Belegung der Flasche berührt, auf dessen oberes, aus der Flasche hervorstehendes Ende aber eine kleine Messingkugel auf-

geschraubt wird. Eine solche Flasche nennt man eine Ladungsflasche (Leidener Flasche), und ihre Elektrisirung nennt man das Laden. Ein scheerenförmiges Instrument von Metalldrath, mit einem gläsernen Griffe, und an beiden vorderen Enden mit Kugeln versehen, womit man die äufsere und innere Belegung in Verbindung bringt, heifst ein Auslader. Stellt man mehrere dergleichen Ladungsflaschen so zusammen, dafs ihre äufseren Belegungen in leitender Verbindung mit einander stehen, und ihre inneren Belegungen auf einmal elektrisirt werden können; so wird diese Vorrichtung eine elektrische Batterie genannt. Ihre Ladung erfordert mehr Elektricität, allein ihr Schlag ist auch um so viel stärker. Ihre Wirkung läfst sich so verstärken, dafs man kleine Thiere, z. B. Hunde, Katzen u. d. m., damit tödten kann.

Jeder elektrische Schlag wird von Wärme begleitet; bei kleinen Ladungsflaschen ist dieselbe nicht bedeutend, doch aber hinreichend, um Naphta, Alkohol, Harz u. m. a. leicht entzündliche Körper, anzuzünden. Mit gröfseren Batterien aber kann man Holz anzünden, Metalldrath glühen und schmelzen, und wenn er fein ist, bisweilen sogar das Metall augenblicklich ganz in Gas verwandeln. Ein starker elektrischer Schlag, der durch Wasser geleitet wird, versetzt einen kleinen Theil davon augenblicklich in Gasgestalt, wodurch das übrige Wasser weit umher geworfen wird.

Bei diesen Versuchen verdient bemerkt zu werden, dafs die Elektricitäten im Augenblicke der Entladung, d. h. sobald sie aufhören sich als Elektricität zu äufsern, als Licht und Wärme erscheinen, oder diese hervorbringen. Die Erscheinung des Feuers bei elektrischen Ausladungen wird nur dann wahrnehmbar, wenn der Körper, durch welchen die Entladung geschieht, im Verhältnifs der Menge von Elektricität, welche er entladet, eine geringe Capacität besitzt. Daher bemerkt man bei grofsen Ausladern keine Erhöhung der Temperatur; kleinere aber werden warm, und ganz feine werden, nach dem Grade ihrer Feinheit, glühend, schmelzen oder verwandeln sich

in Gas. Das Feuerphänomen nimmt in demselben Verhältnisse an Intensität zu, als der entladene Körper für den Durchgang der Elektricitäten unzureichend ist, auf dieselbe Weise, wie ein Stückchen Feuerschwamm im Focus eines Brennspiegels entzündet wird, während ein unpolirtes Stückchen Eisen von einem oder mehreren Lothen in der Zeit, welche zum Anzünden des Schwammes erforderlich ist, durchaus nicht bis zu einem durch das Thermometer bestimmbaren Grade erwärmt werden kann.

Läfst man die Elektricitäten durch einige Kartenblätter, oder durch mehrfach zusammengelegtes Papier, oder auch durch eine dünne Glasscheibe *) sich entladen, so entsteht auf der Stelle, wo der Schlag durchgeht, ein rundes Loch, dessen Gröfse nach der Menge der Elektricität verschieden ist. Das Papier wird dabei weder verbrannt, noch verkohlt, und das Glas nicht geschmolzen, sondern vielmehr in Pulver verwandelt, als ob es mit einer feinen Spitze durchstochen worden wäre. Dieſs scheint zu beweisen, daſs die Elektricitäten zu ihrem Durchgange eines Raumes bedürfen, und daher nichtleitende Körper, die ihnen im Wege liegen, wegräumen müssen.

Es ist bereits bemerkt worden, daſs die Elektricitäten nur auf der Oberfläche der Leiter sich verbreiten und vielleicht kaum in die Masse derselben eindringen; überzieht man daher einen Metalldrath mit geschmolzenem Siegellack, oder mit einem Lackfirniſs, welcher gut trocknet, oder schmelzt denselben in eine Glasröhre ein, und ladet

*) Glas läfst sich am besten durchlöchern, wenn man auf beiden Seiten einer dünnen Glasscheibe, von 3 bis 4 Zoll Durchmesser, mit etwas Wachs eine Stecknadel so befestiget, daſs die Spitzen beider Nadeln nach dem Glase zu gerichtet sind und einander ganz genau gegenüber stehen; oder auch, wenn man eine Flasche mit Oel füllt, und einen spitzigen, krumm gebogenen Metalldrath so hineinsteckt, daſs die Spitze desselben die innere Seite des Glases berührt, und dann äuſserlich eine Metallkugel auf dieselbe Stelle hält. In beiden Fällen schlägt ein sehr mäſsiger Schlag ein Loch durch das Glas.

det dann einen starken elektrischen Schlag durch ihn aus, so springt der nichtleitende Ueberzug mit Heftigkeit davon ab. Auch dieser Versuch scheint zu beweisen, daſs die Elektricitäten zu ihrem Wege über die Oberfläche des Metalldraths eines Raumes bedürfen. Betrachtet man das Loch, welches die Elektricitäten durch Karten- oder Papierblätter schlagen, genau: so findet man, daſs es auf beiden Seiten einen erhabenen Rand hat. Dieſs scheint zu beweisen, daſs die Elektricitäten nicht in einem Punkte entladen werden, sondern daſs von beiden Belegungen des geladenen Körpers ausgehende entgegengesetzte Ströme einander durchfahren.

Bei allen diesen Gelegenheiten scheint die Elektricität einen Körper nöthig zu haben, auf oder durch welchen sie sich fortpflanzt, und man kann die Frage aufwerfen: kann wohl die Elektricität durch den luftleeren Raum gehen? Die Beantwortung dieser Frage ist für die Kenntniſs der Natur der Elektricität von der gröſsten Wichtigkeit; wird die Elektricität durch den luftleeren Raum isolirt, so daſs keine elektrischen Erscheinungen in demselben möglich wären, so könnte man leicht vermuthen, daſs die Elektricität nicht ein eigenthümlicher Stoff sei, sondern bloſs ein ungleicher Zustand bei den Körpern, auf welchen sie sich zeigt; eine Meinung, die den Beifall einiger der gröſsten Naturforscher unserer Zeit erhalten hat. Können hingegen elektrische Erscheinungen im luftleeren Raume statt finden, so ist die Elektricität etwas materielles, wie dieſs auch aus den vorher angeführten Erscheinungen wahrscheinlich ist, bei welchen sie einen Raum einzunehmen scheint. Obgleich schon der elektrische Funke in der Luft zu zeigen scheint, daſs die Elektricität bei der Bildung des Funkens nicht der Luft folgt, sondern sie durchbricht, so ist dennoch diese Thatsache allein nicht hinlänglich, um diese Frage auszumachen. Davy hat daher versucht, auf directem Wege dieſs abzumachen. In das eine Ende einer etwas weiten Glasröhre schmolz er einen Drath von Platin ein, bog dann die Röhre zu einem Heber mit einem sehr kurzen

Schenkel, der nachher mit einem Hahne zugeschlossen wurde, und der das andere Ende der Röhre war. Der längere Schenkel der Röhre wurde mit Quecksilber gefüllt, das gut ausgekocht wurde, worauf dieser Schenkel nach oben gewendet und der Hahn in Verbindung mit einer Luftpumpe gesetzt wurde; hierdurch wurde die Luft aus dem kürzeren Ende ausgepumpt, so daſs das Quecksilber in dem längeren Schenkel fiel und einen leeren Raum zwischen sich und dem Platindrath zurückliefs. Durch diesen luftleeren Raum wurde die Elektricität vollkommen geleitet; war die Temperatur im luftleeren Raum hoch, so leuchtete die Elektricität bei ihrem Durchgange stark und mit grüner Farbe; aber wenn die Temperatur abnahm, so wurde das Licht minder stark, und bei — 29° Temperatur war das Licht so schwach, daſs vollkommene Finsterniſs nöthig war, um es zu bemerken, aber die Elektricität ging eben so gut durch, was man fand, wenn man sie durch zwei luftleere Räume gehen liefs, von denen der eine warm gehalten und der andere abgekühlt wurde; in dem ersten leuchtete die Elektricität stark, obgleich sie nicht anders als durch den letztern kommen konnte. Der elektrische Schlag wurde durch den luftleeren Raum mit einem Funken entladen wie in der Luft; schwächere Ladungen wurden langsam ohne Funken entladen. Auch in dem luftleeren Raum, der auf gleiche Weise durch geschmolzenes Zinn erhalten wurde, das nachher erstarrte, ging die Elektricität durch, obgleich mit so schwachen Lichte, wie bei — 29° im luftleeren Raume über Quecksilber. Diese Versuche scheinen daher zu zeigen, daſs man Elektricität im luftleeren Raume finden kann, und daſs sie durch diesen leichter hindurch geht, als durch die Luft. Man findet, daſs der luftleere Raum in gut ausgekochten Barometern durch das Reiben des Quecksilbers gegen das Glas durch einen elektrischen Schein leuchtend wird, und man hat luftleere zugeschmolzene Glasröhren, die etwas Quecksilber enthalten, das aus derselben Ursache im Dunkeln leuchtet, wenn es in Bewegung gesetzt wird.

Man hat einen schönen Versuch von Ekmarck, um den Weg der Elektricitäten bei ihrer Entladung zu zeigen. Eine Glasscheibe wird auf der untern Seite mit Stanniol belegt, auf der oberen aber mit Schwefelblumen bestreut, die vorher wohl gewaschen und getrocknet worden sind. Auf die bepuderte Seite werden zwei gleich grofse geladene elektrische Flaschen, von welchen die äufsere Belegung der einen positiv, die der andern aber negativ geladen ist, 3 bis 4 Zoll von einander gestellt, so dafs, wenn ihre inneren Belegungen mittelst eines isolirten Ausladers in Verbindung gebracht werden, ein Funke zwischen den äufseren Belegungen überspringt, der sie entladet. Nach der Entladung findet man, rings um die Flaschen herum, in den Schwefelblumen die Figuren derjenigen Elektricität, welche der äufseren Belegung einer jeden Flasche angehört hat; auf der Stelle aber, wo der Funke übergesprungen ist, sind alle Schwefelblumen weggefegt, und der Weg ist völlig rein. Dieser Weg ist übrigens von der positiven Belegung aus mit positiven, von der entgegengesetzten aus mit negativen Figuren eingefafst, die aber nicht weit von dem Punkte, wo sie einander begegnen, ganz aufhören, und hier findet sich oft, wenn der Schlag hinlänglich stark gewesen ist, ein grofser runder Fleck, wo alle Schwefelblumen weggefegt sind, der von keinen Figuren umgeben ist, und wo die grofsen Massen der Elektricitäten sich zu 0 E vereiniget haben. Wenn man zu diesem Versuche Flaschen von verschiedener Gröfse anwendet, jedoch dieselben, durch gleichviele Umdrehungen der Elektrisirmaschine, mit einer ziemlich gleichen Menge E ladet, so findet man den Ausladungspunkt immer näher bei der grofsen Flasche, deren Ladung die geringste Intensität besafs.

Jeder elektrische Funke ist gewissermafsen ein elektrischer Schlag; der Unterschied zwischen einem Funken des Conduktors und dem Entladungsfunken einer Flasche liegt blofs in der Heftigkeit und in der Menge der Elektricität, welche beide in letzterm vielfach stärker sind. Der elektrische Funke besitzt daher ganz dieselbe Kraft,

brennbare Körper zu entzünden und Wärme zu entwikkeln, nur im geringeren Grade.

Die Wirkungen des elektrischen Schlages auf unser Gefühl sind von sehr verschiedener Art. Eine vollgeladene kleine Flasche giebt einen weit stärkeren Schlag, als eine ganz geringe Ladung einer grofsen Batterie, obgleich zu dieser geringen Ladung eine vielfach gröfsere Menge Elektricität, als zur Ladung der kleinen Flasche verwendet worden ist. Diefs kömmt daher, dafs unser Gefühl vorzüglich durch die Heftigkeit der Ausladung angegriffen wird, die bei einer vollgeladenen kleineren Flasche bei weitem gröfser ist, als bei einer mehrere Male gröfseren, aber weniger geladenen Flasche. Die Entwickelung von Wärmestoff hingegen und die chemischen Zersetzungen richten sich mehr nach dem Umfange der belegten Oberfläche der Flasche, d. h. nach der Menge von Elektricität, welche diese aufzunehmen vermag, so dafs recht oft ein minder heftiger Schlag von einer Batterie Metalle schmilzt und Körper entzündet, welche von dem heftigsten Schlage einer kleinen Flasche keine Veränderung erlitten haben würden.

Die gröfste bis jetzt bekannte Elektrisirmaschine, nebst zugehörigem Ladungs-Apparat, ist die, unter van Marum's Aufsicht befindliche, im Teylerschen Museum zu Harlem.

Aus der Eigenschaft der Nichtleiter, Ladung anzunehmen, oder daraus, dafs wenn diese auf der einen Seite irgend eine E erhalten, die entgegengesetzte E auf der andern gebunden wird, lassen sich verschiedene andere, sehr sonderbare Erscheinungen der Elektricität leicht erklären. Wenn man z. B. an dem einen Ende eines isolirten Conduktors (Taf. 1. Fig. 4. AB) ein Paar Korkkügelchen C an einem Faden aufhängt, und dem anderen Ende eine durch Reiben elektrisirte Siegellackstange D nähert; so trennen sich die Kugeln von einander, fallen aber gleich wieder zusammen, sobald man die Lackstange wegzieht, ohne dafs der Conduktor die mindeste Spur von E behält. Der Conduktor hatte folglich keine E von der Siegellack-

stange erhalten, ungeachtet die Kugeln einander abstiefsen. Diefs kommt daher, dafs die kleine Luftschicht a b zwischen dem Siegellack und dem Conduktor ein Nichtleiter ist, welcher, wenn er auf der einen Seite a von dem Siegellacke — E erhält, auf der anderen Seite b + E bindet. Diese mufs er von dem Conduktor entnehmen, dessen elektrischer Stoff dadurch zerlegt wird in + E, welche von der Luftschicht gebunden wird, und in — E, welche sich frei im Conduktor äufsert und die Korkkugeln zwingt, sich von einander zu entfernen. Nimmt man die Siegellackstange und damit zugleich die — E von der Seite a der Luftschicht hinweg, so hört der Ladungszustand der Luft auf, die + E im Conduktor wird nicht mehr gebunden, sondern mit — E wieder zum unbemerkbaren Elektricum vereiniget. Wenn man aber, während dessen man die Lackstange an den Conduktor hält und die + E des letztern von der Luftschicht in b gebunden wird, den Conduktor mit einem Finger berührt, so geht seine freie — E fort und die Kugeln fallen wieder zusammen. Nimmt man aber nun die Siegellackstange wieder weg, so wird die elektrische Ladung der Luftschicht dadurch, dafs man ihr die — E in a entzieht, zerstört; die + E, welche vorher gebunden war, wird frei, die Kugeln stofsen sich wieder ab, und der Conduktor wird durch diejenige + E elektrisch, welche, während das Siegellack ihm nahe war, durch den Finger von ihrer — E getrennt wurde.

Diese Erscheinung hat Anlafs zu der Untersuchung gegeben, auf welche Weise die Elektricität fortgepflanzt wird, ob diefs nämlich durch einen zusammenhängenden Strom, oder durch Theilung der Elektricitäten geschieht, wodurch in dem leitenden Körper Zonen von getheilter Elektricität entstehen, so dafs, wenn z. B. + E durch einen Metalldrath strömen soll, durch die Einwirkung dieser + E in dem Drathe eine Menge Zonen gebildet werden, welche + E und — E in getrenntem Zustande enthalten, und in welchen die — E der ersten Zone die

+E der nächsten Zone sättiget, die dadurch frei werdende +E dieser Zone mit der —E der folgenden sich vereiniget und so fort, bis endlich die +E der letzten Zone übrig bleibt, die nunmehr den ganzen Metalldrath durchlaufen zu haben scheint, ungeachtet sie sich nicht weiter, als die Theilung in Zonen erforderte, fortbewegt hat.

Mehrere Umstände deuten darauf hin, dafs eine solche Theilung in Zonen wirklich statt finde, was besonders bei Halbleitern und Nichtleitern bemerkbar wird. Inzwischen giebt es dennoch auch Phänomene, welche durch eine solche Theilung in Zonen allein nicht erklärt werden können, z. B. das leichtere Ausströmen der Elektricität durch Spitzen; ihr leichterer Durchgang durch verdünnte Luft und durch den luftleeren Raum; die Eigenschaft gewisser Halbleiter, welche die eine Elektricität leichter durchlassen, als die andere; die Löcher, welche die entladene Elektricität (durch dünne Körper etc.) schlägt, — die sowohl für eine Theilung in Zonen, als für ein Durchfahren von entgegengesetzten Strömen zu sprechen scheinen.

Das Elektrophor.

Hierauf gründet sich die Lehre von einer anderen Art Elektrisirmaschine, die man Elektrophor nennt. Sie besteht aus einer dünnen Harzscheibe, die auf einen Teller von Messing- oder Eisenblech gegossen ist. Schlägt man diese Scheibe mit Katzenfell, oder irgend einem wollenen Zeuche, so wird die obere Fläche negativ elektrisch, die untere, dem Metallteller zugekehrte Seite aber positiv, in sofern der Teller in leitender Verbindung mit der Erde steht, und an diese eben so viele +E absetzen kann, als durch das Reiben der anderen Seite des Harzkuchens —E erregt wird. Auf Taf. 1. Fig. 5. mag z. B. AB den Harzkuchen des Elektrophors, CD aber den Messingteller vorstellen, auf welchen er gegossen ist. Die obere Seite des Kuchens mag ferner —E, die untere

Seite aber + E empfangen haben, und der Teller CD, wie der Conduktor in den vorigen Versuchen, isolirt sein. Seine elektrische Materie muſs sich dann trennen in — E, welche durch die + E der unteren Seite des Harzkuchens gebunden, und in + E, welche frei wird. Legt man nun eine Metallscheibe EF auf die obere Seite des Kuchens, so muſs ihre elektrische Materie sich auf gleiche Weise theilen, nämlich in + E, welche mit der — E des Harzkuchens sich verbindet, und in — E, welche frei wird. Stellt man dann mit dem Finger eine leitende Verbindung zwischen C und E her, so fühlt man einen Stoſs in der Hand, weil sich die freie + E des Tellers mit der freien — E der Metallscheibe verbindet, und alle Zeichen der Elektricität des Elektrophors hören auf. Wenn man aber die Metallscheibe EF mittelst eines Nichtleiters, z. B. an dem gläsernen Griffe G, vom Harzkuchen aufhebt, so wird die + E der ersten nicht mehr an die — E des letztern gebunden, sondern frei, und die dadurch positiv elektrisch gewordene Metallscheibe theilt den ihr genäherten Körpern + E mit. — Ist der Teller des Elektrophors CD nicht isolirt, so entweicht seine freigewordene + E und theilt sich der Erde mit; berührt man dann die Metallscheibe EF, so entweicht ihre — E mit einem Funken, während ihre + E von der — E des Kuchens zurückgehalten wird.

Diese mit einem Glasgriffe versehene Metallscheibe nennt man den Deckel oder die Trommel des Elektrophors. Sie muſs wohl abgerundet und ohne alle Spizzen sein. Legt man den Deckel, nachdem ihm seine + E entnommen ist, wieder auf den Kuchen, so geht dieselbe Theilung der Elektricitäten von neuem vor sich. Entladet man den Deckel mit dem Finger und hebt ihn dann vom Harzkuchen auf, so erhält man wieder + E; dabei giebt der Deckel jedesmal einen Funken, und man kann durch Wiederholung dieses Verfahrens Flaschen laden, und damit einen groſsen Theil der elektrischen Erscheinungen darstellen, die man mit der gewöhnlichen Elektrisirmaschine hervorbringt.

Da der Harzkuchen bei diesem Elektrisiren keine E verliert, sondern ihre Erscheinung einzig und allein von der Theilung der elektrischen Materie des Deckels herrührt; so ist diese Art Maschinen fortwährend elektrisch und hat daher von ihrem Erfinder, Volta, den Namen *Electroforo perpetuo* (immerwährender Elektricitätsträger) erhalten. — Hat der Deckel Spitzen oder Ecken, so wehen diese der Oberfläche des Harzkuchens entgegengesetzte Elektricität zu und zerstören dadurch dessen elektrische Kraft.

Die Art und Weise, wie die elektrischen Erscheinungen, bloſs durch Zertheilung der elektrischen Materie der Körper und ohne Mittheilung, fortdauernd unterhalten werden können, muſs man sich so vorstellen, daſs das Electricum von allen Körpern geleitet wird, daſs ferner Leiter und Nichtleiter es nur sind in Bezug auf dessen Bestandtheile + E oder — E, so daſs ein Körper, wenn er durch die Zertheilung seines natürlichen elektrischen Stoffs einen Theil desselben einbüſst, von seinen Umgebungen wieder eine neue Menge davon aufnimmt, wodurch der elektrische Stoff allenthalben im Gleichgewichte erhalten wird.

Die beste Harzmasse zum Kuchen des Elektrophors wird aus 10 Theilen Gummilack, 3 Theilen Harz, 2 Theilen venetianischen Terpenthin, 2 Theilen Wachs und $\frac{1}{2}$ Theile Pech gemacht. Ein dünner Kuchen giebt mehr Elektricität, als ein dicker. Groſse Elektrophore leisten selten soviel, als sie kosten, und sind schwer zu handhaben.

Condensatoren.

Auf gleichen Grundsätzen, wie das Elektrophor, beruht auch ein anderes elektrisches Instrument, welches man Condensator (Elektricitäts-Sammler) nennt, weil es dazu dient, kleine Mengen Elektricität, die sonst nicht auf das Elektrometer wirken würden, auf einer kleineren Oberfläche zusammenzuhalten. Es besteht aus zwei ebenen Metallscheiben, welche, zur Verhütung aller Ablei-

tung, rund und gut polirt sein müssen. Auf die untere Scheibe (Taf. I. Fig. 6.) ABC, tröpfelt man am Rande herum 3 Tropfen Siegellack a, b, c, die gleichweit von einander abstehen und von einerlei Höhe sein müssen. Auf diese legt man sodann die andere Scheibe, wie in Fig. 7. CD auf AB. Zwischen diesen zwei Scheiben, welche folglich keine leitende Gemeinschaft mit einander haben, ruht nun eine Luftschicht, die eines gewissen geringen Grades von elektrischer Ladung fähig ist, auf dieselbe Weise, wie ich oben bei dem Versuche mit den Korkkugeln am Conduktor (Fig. 4.) gezeigt habe. Der Körper, dessen Elektricität man untersuchen will, wird nun in Berührung mit CD gebracht, während man AB mit dem Finger oder mit irgend einem andern Leiter berührt. Dadurch wird die, der Scheibe CD zugekehrte, Seite der Luftschicht mit der Elektricität des untersuchten Körpers geladen, während ihre entgegengesetzte Seite durch die Scheibe AB und den Finger die gleichnamige Elektricität von sich giebt, und dabei die entgegengesetzte Elektricität auf der unteren Seite der Luftschicht bindet. Hebt man nun die Scheibe CD empor, die zu diesem Behufe mit einem gläsernen Griffe E versehen sein muſs; so wird die Ladung der Luft zerstört, und alle Elektricität, welche dem untersuchten Körper durch CD zu dieser Ladung entzogen wurde, wird nunmehr in der kleinen Metallscheibe auf einmal frei, und kann mit dem Elektrometer entdeckt werden.

Auf diese Weise kann man die Erregung der Elektricität bei chemischen Arbeiten entdecken, die auſserdem nicht wahrnehmbar sein würde; wenn man z. B. einen Stahldrath, um ihn mit einem isolirenden Handgriffe zu versehen, in der Mitte mit Siegellack überzieht, dann das eine Ende desselben in eine Lichtflamme, oder in glühende Kohlen, oder in ein Glas steckt, welches ein Gemenge von Zink oder Eisen mit etwas Säure und Wasser, welche das Metall auflösen, enthält, und dann das andere Ende auf die Scheibe CD bringt, indem man AB zugleich mit dem Finger berührt, so findet man nach

einigen Secunden, dafs der Drath, wenn man ihn wegnimmt und CD emporhebt, elektrisch geworden ist. Die Elektricität, welche bei dem chemischen Prozesse, aus welchem die Verbrennung oder Auflösung besteht, frei wird, und die in jedem Augenblick zu unbedeutend war, um auf das Elektrometer merklich wirken zu können, hatte sich bei diesem Versuche in CD gesammelt und die Luftschicht geladen, wurde aber, als man CD aufhob und die Ladung zerstörte, auf einmal frei und bemerkbar.

Man hat mehrerlei Arten von Condensatoren, und der hier beschriebene ist zwar nicht der beste und empfindlichste, aber doch der einfachste. Die Beschreibung desselben ist hier hauptsächlich deshalb gegeben worden, um einen theoretischen Begriff von dieser Art von Instrumenten zu geben, deren richtige Anwendung übrigens verschiedene Kenntnisse und grofse Uebung erfordert, wozu ein chemisches Lehrbuch keine Anleitung geben kann.

2. Erregung der Elektricität durch Veränderung der Temperatur.

Je mehr wir die elektrischen Erscheinungen kennen lernen, desto mehr Anlafs erhalten wir zu der Vermuthung, dafs die Elektricitäten sich in keinem Körper in völligem Gleichgewichte befinden, wiewohl ihre Vertheilung für unsere äufsere Sinne so lange unbemerkbar bleibt, bis sie durch irgend einen Umstand so vermehrt wird, dafs wir sie wahrnehmen können. Wir werden einige von den Umständen durchgehen, welche die ursprüngliche elektrische Vertheilung bemerkbar zu machen scheinen, und dabei zuerst von der Temperatur-Veränderung sprechen.

Gewisse krystallisirte Körper des Mineralreichs haben die Eigenschaft, dafs sie durch Erwärmen, und so lange die Erwärmung fortdauert, elektrisch werden, dann aber, wenn die Temperatur auf einen gewissen Stand kommt,

die Elektricität wieder verlieren, daſs jedoch diese wieder von neuem zum Vorschein kommt, wenn der Körper wieder erkaltet. In diesem Falle häufen sich die entgegengesetzten Elektricitäten in zwei entgegengesetzten Punkten des Krystalls an, die an dessen Endspitzen liegen, so daſs die elektrische Axe mit der Krystall-Axe zusammenfällt, was selbst dann der Fall ist, wenn bei dem angewendeten Stücke diese Axe von geringerer Dimension, als der Durchmesser des Queerschnitts ist. Die beiden entgegengesetzten elektrischen Punkte nennt man die elektrischen Pole und einen auf diese Weise elektrisirbaren Körper elektrisch-polarisch.

Man hat gefunden, daſs der Punkt, in welchem durch Erwärmung + Elektricität entsteht, beim Erkalten zum — Pole wird. Wenn man einem elektrisch-polarischen Körper kleine Papierschnittchen oder andere leichte Körper nahe bringt, so werden dieselben von den Polen angezogen und sammeln sich rund um dieselben herum; oder sie werden auch wohl, wenn die Elektricität stark ist, von den Polen wechselsweise angezogen und abgestoſsen. Dieſs ist in höherem oder minderem Grade bei mehreren Mineralien der Fall, z. B. bei den verschiedenen Arten des Turmalins, dem Mesotyp, Topas, Prehnit, u. m. a. Der Umstand, daſs die elektrische und die Krystallisations-Axe zusammenfallen, scheint zu beweisen, daſs die Eigenschaft, elektrisch zu werden, von einer elektrischen Polarität der kleinsten Theilchen herrühre, und daſs diese Polarität höchst wahrscheinlich an der Bildung der regelmäſsigen Krystall-Gestalten Antheil gehabt habe.

Verschiedene erstarrende oder schmelzende Körper entwickeln, während dieser Veränderung ihrer Aggregationsform, eine groſse Menge Elektricität; wenn z. B. Wasser in einer elektrischen Ladungsflasche, deren äuſsere Belegung nicht isolirt ist, schnell zu Eis erkaltet wird, so erhält die Flasche, nach Grotthuſs's Versuchen, eine schwache Ladung; die innere Belegung wird nämlich positiv, die äuſsere negativ elektrisch. Wird das Wasser schnell aufgethaut, so wird in umgekehrter Ordnung die

innere Belegung negativ und die äufsere positiv. Gerinnendes Wachs und Chocolade werden oft beim Erstarren so elektrisch, dafs sie leichte Körperchen anziehen. Wenn eine Flüssigkeit verdunstet, wird der luftförmige Theil derselben negativ, der noch flüssige aber positiv elektrisch; umgekehrt wird bei Condensirung eines Gases der condensirte Theil negativ und der noch gasförmige positiv elektrisch. Es ist jedoch schwierig, diese Versuche so anzustellen, dafs die frei werdenden Elektricitäten entdeckt und erkannt werden können.

3. Erregung der Elektricität durch wechselseitige Berührung verschiedenartiger Körper.

Mannigfaltige Erfahrungen haben uns gelehrt, dafs, wenn zwei isolirte verschiedenartige Körper mit einander in Berührung gebracht und dann wieder von einander getrennt werden, der eine freie $+E$ und der andere freie $-E$ besitze, die sich nicht frei offenbarten, als die Körper noch mit einander in Berührung waren. Die natürliche Beschaffenheit der sich berührenden Körper bestimmt dabei sowohl den Grad der elektrischen Vertheilung, als auch die Art der Elektricität, welche in jedem der beiden Körper frei wird.

Der Grad der elektrischen Vertheilung scheint, unter übrigens gleichen Umständen, von dem Grade der chemischen Verwandtschaft dieser Körper abhängig zu sein, so dafs sie bei starken Verwandtschaften ebenfalls stark, bei schwächeren aber unbedeutend oder gar null ist. Die Art der Elektricität hingegen, die in einem Körper frei wird, beruht auf seiner chemischen Natur. So wird z. B. unter den brennbaren Körpern derjenige, welcher durch Oxydation das stärkste alkalische Oxyd bildet, (d. h. dessen Oxyde die gröfste Verwandtschaft zu den Säuren im Allgemeinen besitzen) — positiv elektrisch, der andere aber negativ, sein Oxyd mag sich übrigens ebenfalls mit Säuren vereinigen können, oder auch selbst eine Säure sein. Sind die in Berührung kommenden Körper bereits

oxydirt, so gilt dasselbe. Die Körper, welche am besten zu diesen Versuchen sich eignen und auch am meisten dazu benutzt werden, sind Zink und Kupfer, oder Zink und Silber. Von ihnen giebt Zink das stärkste alkalische Oxyd, und nimmt daher auch stets positive Elektricität an.

Man kann sich sehr leicht durch einen eigenen Versuch von der durch Berührung erregten Elektricität überzeugen, wenn man ein Zinkplättchen und eine Silber- oder Kupfermünze nimmt, an jedes einen isolirten Griff (z. B. von Siegellack) befestiget, und beide zusammenführt, dann aber wieder trennt, wo man mit Hülfe des Condensators am Zink + E, am Silber oder Kupfer aber — E bemerken wird. Gepulverte Körper siebt man durch ein Sieb von Silberdrath. Das Pulver wird durch die Berührung des Silberdraths elektrisch, und wenn man es auf einer, auf der untern Seite belegten, Glasscheibe auffängt, so kann dessen Elektricität vermittelst des Condensators untersucht werden.

Die Ursache, warum Körper durch Berührung elektrisch werden, kennt man noch nicht mit völliger Gewifsheit. Wenn es richtig ist, in allen Körpern einen gewissen Grad von Elektricität im Vertheilungszustande anzunehmen, und wenn dieser Zustand auf der elektrischen Polarität der kleinsten Theilchen beruhet; so mufs die beschriebene Erscheinung ihren Grund darin haben, dafs die Metalle im Augenblicke ihrer Berührung einen Theil ihrer entgegengesetzten Elektricitäten (nämlich der — E des Zinks und der + E des Silbers) sättigen, wo dann bei der Trennung im Zink + E und im Silber — E frei wird, ungefähr so, wie beim Aufheben des Deckels vom Harzkuchen des Elektrophors. Ich werde in der Folge Versuche anführen, welche dieses Verhalten zu bestätigen scheinen.

Wenn die durch Berührung erregte Elektricität das Ladungsmittel für Nichtleiter, Halbleiter oder schlechte Leiter wird, so entstehen, nach der verschiedenen Natur und Zusammenstellung der geladenen Körper, mancherlei verschiedenartige elektrische Erscheinungen.

A) Wenn man einen Nichtleiter, z. B. eine ganz dünne Scheibe von Glas, Harz, Schwefel, Taffet, oder dergleichen, auf der einen Seite mit einer dünnen Zinkscheibe, auf der andern mit einer Silberplatte belegt und mehrere solche Schichten so über einander stellt, dafs die Silberseite der einen Schicht auf die Zinkseite der andern zu liegen kommt, so wird die nichtleitende Scheibe durch die Berührungs-Elektricität in einem geringen Grade geladen; diese Ladung ist jedoch so schwach, dafs sie nicht eher bemerkbar wird, als bis man 15, 20 bis 30 solche belegte Scheiben zusammenstellt. Bringt man die äufseren Belegungen der obersten und untersten Metallplatten durch einen Metalldrath in Verbindung, so entladet sich die Elektricität; es dauert aber dann eine kleine Weile, bis die Platten wieder eine neue Ladung annehmen. Die Ursache dieses Verzugs liegt in der Langsamkeit, womit sich die Elektricitäten, bei einer so schwachen Kraft, wie die Berührungs-Elektricität ist, durch Nichtleiter vertheilen.

Der Grund, warum mehrere zusammengelegte Scheiben eine höhere Intensität der Ladung hervorbringen, ist darin zu suchen, dafs wenn zwei belegte Scheiben zusammengelegt und durch Berührung ihrer, einander zugekehrten inneren Seiten elektrisch werden, ihre äufseren Belegungen zugleich freie Elektricität empfangen. Wird nun eine dritte Scheibe mit der entgegengesetzten Belegung darauf gedeckt, so wird diese nicht allein durch die in der Belegung der zweiten Scheibe frei gewordene Elektricität, sondern auch von dem neuen Antheil derselben geladen, welche durch die Berührung des 2ten und 3ten Paares der ungleichartigen Metallplatten erregt wird, und daher wird die Ladung aller drei Paare stärker, als bei den ersten zwei Paaren; legt man eine vierte Scheibe darauf, so nimmt diese nicht nur die freie Elektricität der oberen Belegung der dritten Scheibe auf, sondern erhält auch noch die zwischen dieser und ihrer eigenen Belegung erregte Berührungs-Elektricität, und es entsteht dadurch eine gröfsere Vertheilung von E in jeder der

vier Scheiben, als vorher bei dreien statt fand. Auf diese Weise wird die Intensität der Ladung mit jeder neu hinzugefügten Scheibe vermehrt. Es wirken also hier Ursachen, welche denjenigen ganz analog sind, vermöge deren ein Magnet über einem Amboſs oder einer anderen groſsen Eisenmasse ein gröſseres Stück Eisen, als auſserdem, trägt, und dasselbe fallen läſst, sobald man den Amboſs wegzieht, wie weiter unten bei der Lehre vom Magnetismus gezeigt wird.

B) Wählt man, statt der Nichtleiter, Halbleiter, so entstehen gleiche Ladungs-Phänomene; nur wird die Ladung in wenigen Augenblicken nach der Entladung wieder hergestellt, weil die Vertheilung der Elektricitäten in den belegten Halbleitern mit weit gröſserer Schnelligkeit als in den vorher erwähnten Nichtleitern vor sich geht. Wenn man 1 bis 1½ Zoll groſse Scheiben von Papier, welches mit echtem Blattsilber belegt ist, und dann gleich groſse Platten von Zinkfolie (bis zur Papierstärke ausgewalztes Zinkblech) ausschneidet, und diese Zinkplatten so zwischen die Silberpapierscheiben legt, daſs die Silberseite der letztern stets nach einerlei Richtung gekehrt ist; so erhält man eine ähnliche Vorrichtung, wie die oben beschriebene, nur mit dem Unterschiede, daſs hier das Papier der Körper ist, welcher die Ladung annehmen soll. Um die Ladungs-Phänomene eines solchen Apparats bemerkbar zu machen, muſs man 600 bis 1000 Paar Scheiben, und mehr, über einander legen, und sie gelind zusammenpressen, damit das Papier mit dem Zink gehörig in Berührung kommt. Man pflegt diese Scheiben mit einem Cylinder oder Futteral von Glas zu umgeben, welches an beiden Enden mit luftdicht aufgekitteten Messingkappen und mit Metallknöpfen versehen ist, welche mit der äuſseren Belegung der obersten und untersten Papierscheibe in unmittelbarer Berührung stehen. Der eine dieser Knöpfe ist dann fortdauernd positiv, der andere beständig negativ. Hat man mehrere dergleichen Säulen, und stellt solche so zusammen, daſs sie einander mit den entgegengesetzten Polen berühren, so wird die

Intensität ihrer Erscheinungen um ein Bedeutendes vermehrt.

Man hat solche Säulen auf mancherlei Weise zusammengesetzt, z. B. mit Schichten von trockener Stärke zwischen Platten von Zink und Silber; man hat ferner Scheiben von unechtem Goldpapier (worin der Zinkgehalt des unechten Goldes die Stelle der Zinkfolie vertritt) mit einem Gemenge von Honig und feingeriebenem Braunstein bestrichen, welcher letztere, wie alle Superoxyde, durch seinen Ueberschufs an Sauerstoffgehalt, gegen alle brennbare Körper negativ ist und hier das Blattsilber ersetzt. Man hat diese Säulen mit geschmolzenem Harz oder Schwefel überzogen; aber alle dergleichen Säulen sind weit schwächer und verlieren ihre Wirksamkeit viel eher, als die oben beschriebenen.

Bringt man die Pole einer solchen Säule in eine leitende Verbindung, so entsteht eine Entladung, die sich im nächsten Augenblicke wiederholt, weil die Metallplatten der Säule durch ihre Berührung fast augenblicklich einander wieder laden. Dessen ungeachtet entsteht, wenigstens bei den kleineren bis jetzt benutzten Apparaten, dabei kein fühlbarer Stofs oder Schlag, und wenn die Entladung durch Flüssigkeiten geschieht, so werden diese nicht merklich verändert oder zerlegt. Doch wird behauptet, dafs diese Säulen, wenn die dazu angewendeten Papierscheiben 3 bis 6 Zoll Durchmesser haben, und auf ihrer ganzen Oberfläche belegt sind, schwache chemische Wirkungen hervorbringen sollen, denen ähnlich, von welchen ich weiter unten ausführlicher sprechen werde. Zamboni versichert, dafs Säulen von 2000 Platten bei der Entladung Funken geben können, welche 1 Linie lang und bei Tage sichtbar sind. Er giebt an, dafs diese Funken sogar bis zu $\frac{1}{2}$ Zoll Länge erhalten werden können, wenn der Polknopf, welchem sie entlockt werden, gut isolirt und in ein Glas eingeschlossen ist, worin die Luft trocken erhalten wird.

Die merkwürdigste Erscheinung, die man mit diesen Säulen bisher hervorgebracht hat, ist die, dafs das Ende ei-

einer, an einer leicht beweglichen Axe senkrecht aufgehängten, isolirten, dünnen Nadel zwischen den Polknöpfen zweier in geringer Entfernung von einander aufgestellten Säulen fortdauernd hin und her schwingt. Die Säulen entladen sich nämlich durch die oscillirende Nadel, erhalten diese dadurch in unaufhörlicher Bewegung, und bilden so eine Art von *perpetuum mobile*. Auch hat man an den Polen isolirte Glöckchen angebracht, und zwischen diesen eine kleine leichte und hohle Metallkugel aufgehängt, welche, durch Entladung der Säule in Bewegung gesetzt, zwischen den Glocken hin und her schwingt und ein Geklingel hervorbringt, welches in manchen Fällen mehrere Monate ununterbrochen fortdauert. Bisweilen hört es auf, fängt aber nach einiger Zeit von selbst wieder an.

Man hat geglaubt, dafs die Ladungs-Intensität dieser Säulen von dem elektrischen Zustande der Luft abhinge, und dafs die Anzahl der Schwingungen der beschriebenen Nadel binnen eines gegebenen Zeitraumes über die Luft-Elektricität Aufschlüsse geben könne. Allein neuere, mit gröfserer Genauigkeit angestellte Versuche haben dargethan, dafs die beobachteten Unterschiede in den Schwingungen ihren Grund theils in den Temperatur-Veränderungen, theils in der ungleichen Feuchtigkeit der Luft haben, wodurch sowohl die elektromotorische Kraft der Säule, als auch die elektrische Intensität ihrer Pole verändert wird, je nachdem die gröfsere oder geringere Trokkenheit die Luft mehr oder weniger isolirt.

Es ist behauptet worden, dafs die Erscheinung des Ladens dieser elektrischen Apparate von Feuchtigkeit im Papiere herrühre; allein Jäger hat gezeigt, dafs dergleichen Säulen, wenn sie auch nach vollkommener Austrocknung weniger bedeutende Spuren von Elektricität bei der gewöhnlichen Temperatur der Luft äufsern, weil das Papier in einen Nichtleiter verwandelt worden ist, dennoch bei höherer Temperatur, z. B. zwischen + 40° und 60°, ihre erste elektrische Ladung wieder erlangen, und wieder völlig so stark elektrisch werden, als wenn bei der gewöhnlichen Luft-Temperatur das Papier nicht vollkom-

men ausgetrocknet ist; und dieſs ist selbst dann der Fall, wenn die Säulen in Futterale eingeschlossen sind, die keine Feuchtigkeit durchlassen. Die Ursache dieser Erscheinung scheint darin zu liegen, daſs warmes und trokkenes Papier ein Halbleiter, wasserfreies und kaltes Papier hingegen ein Nichtleiter ist.

Man hat gefunden, daſs die Wirksamkeit dieser Säulen nach längerer Zeit abnimmt und endlich ganz aufhört. Die Ursache davon ist noch nicht ausgemittelt, dürfte aber wohl in der Veränderung liegen, welche die unausgesetzten elektrischen Ladungen in der Zusammensetzung des Papiers hervorbringen, oder in der Oxydation der Metalle, oder in einem ähnlichen Umstande, da es nicht in der Theorie begründet zu sein scheint, daſs die Wirksamkeit dieser Säulen nothwendig aufhören müsse.

C) Wir kommen nunmehr zu den merkwürdigsten Erscheinungen, welche die Berührungs-Elektricität hervorbringt. Wenn man, anstatt der erwähnten festen Nichtleiter oder Halbleiter, ein Liquidum anwendet, welches die Elektricität leitet, so nehmen die Wirkungen der elektrischen Vertheilung auf eine höchst erstaunenswürdige Weise zu. Nimmt man z. B. ein Stück Silbergeld (Taf. I. Fig. 11.) AB, und ein gleich groſses Stückchen Zink CD, und legt, wie die Fig. zeigt, das eine auf, das andere aber unter die Zunge, so fühlt man, wenn beide Metallscheiben vor der Spitze der Zunge sich berühren, auf dieser einen brennenden Geschmack, der beim Zinke an das Saure gränzt, beim Silber aber unbestimmter ist. Dieser Geschmack hört auf, wenn man die Metalle von einander trennt, d. h. wenn sie nicht durch Berührung elektrisch sind. Hierbei ist die Feuchtigkeit der Zunge das Mittel, durch welches die Metalle ihre freien entgegengesetzten Elektricitäten, und, wenn ich so sagen darf, ihre Ladungskraft ausüben, und die Folge dieser Ladung ist, auſser dem Gefühle, welches der Durchgang der Elektricitäten in den Nerven verursacht, eine Veränderung in der Feuchtigkeit selbst, indem gewisse Bestandtheile derselben sich nach dem Silber,

andere nach dem Zinke hin ziehen, wie weiter unten gezeigt werden wird. Legt man ein Stückchen Zink auf die innere Seite der einen Wange und eine Silbermünze auf die innere Seite der anderen Wange, und verbindet dann beide Metalle nach aufsen zu mittelst eines Silberdraths mit einander, so empfindet man im ersten Augenblicke der Berührung einen Lichtschein im Auge, der aber schnell wieder verschwindet, während das brennende Gefühl in der Nähe der Metalle eine fortdauernde Ausladung zu erkennen giebt. So oft man die unterbrochene Leitung mittelst des Draths wieder herstellt, erscheint auch der Blitz im Auge wieder, der nichts anders ist, als die Wirkung der ersten Heftigkeit der elektrischen Entladung, die sich bis zu den Sehnerven erstreckt und von der Seele als Licht empfunden wird, weil alle Eindrücke auf diese Nerven die Empfindung des Lichts hervorbringen, selbst wenn sie blofs mechanisch sind, wie z. B. Stöfse ins Auge, Reiben desselben u. s. w.

Während die Flüssigkeit auf diese Weise durch Entladungen der freiwerdenden Elektricität der Metalle afficirt wird, wirkt die Ursache der Vertheilung der Elektricitäten durch die Berührung unausgesetzt fort, d. h. es findet zwischen den Metallen selbst eine beständige Ausladung statt, durch welche sie immer von neuem wieder elektrisch werden.

Wollaston hat durch einen höchst sinnreichen Versuch diese Ausladungen auf eine ganz unerwartete Weise dargethan. Das Werkzeug selbst, dessen er sich dazu bedient, ist ein kupferner Nähring, wie ihn die Schneider zu brauchen pflegen, welcher so zusammengedrückt ist, dafs er eine sehr in die Länge gezogene Ellipse bildet. In diesen Ring ist eine Zinkscheibe durch Siegellack so befestigt, dafs sie mit demselben aufser aller leitenden Gemeinschaft steht, und beide Metalle sind mittelst eines, vom Ringe hervorstehenden kleinen metallenen Griffs, durch ein kurzes, schmales und bis zur höchst möglichen Dünne ausgestrecktes Platinstreifchen, mit einander verbunden. Wenn man nun diesen kleinen Apparat bis zu $\frac{1}{2}$

seiner Höhe in verdünnte Salzsäure eintaucht, und die Berührungs-Elektricität des Zinks und Kupfers durch diese stark leitende Flüssigkeit schnell entladen wird, so erfolgt in dem Berührungspunkte der Metalle die Vereinigung der entgegengesetzten Elektricitäten, durch welche die Berührungs-Elektricität entsteht, mit einer solchen Heftigkeit, dafs das kleine Platinstreifchen, welches den Berührungspunkt der Metalle bildet, wie ein Feuerfunken glüht, so dafs man Schwamm daran anzünden kann. Ein glücklicher Erfolg dieses Versuchs ist noch gewisser, wenn man den Apparat gröfser macht; allein weil die Theorie voraussagt, dafs er auch im Kleinen gelingen müsse, so hatte Wollaston sich vorgesetzt, die Richtigkeit der theoretischen Ansicht durch seinen Versuch zu bestätigen.

Durch diesen Versuch wird folglich erwiesen, dafs, während die durch Berührung entstandene Elektricität durch die Flüssigkeit entladen wird, dieselbe eben so schnell durch die fortdauernde Entladung zwischen den Metallen in dem Berührungspunkte wieder erregt wird, und dafs daher in diesem kleinen Apparate das Elektricum, (wenn dieses übrigens etwas anderes, als eine unsere Vorstellungen erleichternde, eingebildete Idee ist) unaufhörlich zerlegt und wieder zusammengesetzt wird.

Man hat mehrere Arten, eine Flüssigkeit zwischen elektrische Metalle zu bringen. Die gewöhnlichste und wirksamste ist die, dafs man Pappscheiben, die etwas kleiner, als die Metallplatten, geschnitten sind, mit der Flüssigkeit anfeuchtet. Legt man nun mehrere Schichten in folgender Ordnung: Zink, Silber, feuchte Pappe, Zink, Silber, Pappe u. s. f., über einander, und schliefst die Schichten mit Silber, so bildet sich daraus eine sogenannte elektrische oder Volta'sche Säule, in welcher die Intension der elektrischen Erscheinungen, auf die oben beschriebene Weise, sich mit der Anzahl der Plattenpaare vermehrt. Diese Säulen geben schon fühlbare Stöfse, entladen sich mit Funken, und zerlegen die Flüssigkeit, durch welche die Entladung geschieht. Ihre Wirksamkeit ist im ersten Augenblick am gröfsten; nimmt dann fort-

dauernd ab, und hört in zwei bis drei Mal 24 Stunden ganz auf.

Die Flüssigkeiten, welche man dazu anwenden kann, sind Mischungen von Säuren und Wasser, oder Auflösungen von Alkalien oder Salzen in Wasser. Reines Wasser wirkt nur sehr schwach, weil es ein schlechter Leiter ist, und die Wirkungen in dem Maafse zunehmen, als eine Flüssigkeit die Elektricität schnell leitet. Ein Zusatz eines Salzes macht das Wasser zu einem besseren Leiter und vermehrt die Wirksamkeit der Säule sehr bedeutend. Wird aber aufserdem der dem Wasser zugesetzte Stoff leicht zerlegt, so wird die Wirkung noch gröfser, so dafs z. B. Salpetersäure kräftiger als Schwefelsäure, salzsaures Ammoniak kräftiger als salzsaures Natron wirkt. Die Stoffe, welche man am meisten dazu angewendet hat, sind Schwefelsäure, Salpetersäure, Salzsäure, schwefelsaures und salzsaures Natron, salzsaures Ammoniak, Alaun u. m. a., die entweder für sich, oder mit Zusatz einer Säure in Wasser aufgelöst werden.

Man hat gefunden, dafs Salpetersäure die stärkste elektrische Ladung giebt, dafs aber auch ihre Wirkung bald aufhört. Ihre Wirksamkeit steht mit ihrer Concentration in geradem Verhältnisse, so dafs, nach Thenard's und Gay-Lussac's Versuchen, bei einem Zusatze von 10, 20, 30, 40 oder 80 Theilen starker Salpetersäure zu einer gegebenen Menge Wasser, die Intensität der durch diese saure Flüssigkeit erregten elektrischen Erscheinungen sich ebenfalls wie 10, 20, 30, 40 oder 80 verhält. Schwefelsäure bringt eine weniger kräftige und eben nicht länger anhaltende Wirkung als die Salpetersäure hervor. Salzsäure wirkt noch schwächer als Schwefelsäure, aber länger. Wenn es daher darauf ankommt, die höchste Wirksamkeit der Säule auf einen Augenblick zu benutzen, so bedient man sich der Salpetersäure; verlangt man aber eine länger fortwährende Wirkung, so mufs man Salzsäure anwenden.

Salzauflösungen wirken geringer als Säuren, ihre Wirkungen dauern aber viel länger. Salzsaures Ammoniak

kommt den Säuren am nächsten. Kochsalz, besonders in Essig aufgelöst, wirkt übrigens ebenfalls kräftig, und wird am allgemeinsten angewendet. Man hat übrigens beobachtet, dafs die Wirkungen der Salzauflösungen nicht mit ihrer Concentration im Verhältnisse stehen, und dafs überdiefs verschiedene Salze auch verschieden wirken. Gay-Lussac und Thenard haben gefunden, dafs eine elektrische Säule, welche mit einer Säure aufgesetzt, in einer gewissen Zeit, bei der Entladung durch Wasser, 87 Maafs Gas giebt, mit einer Salzlösung aufgestellt, in gleicher Zeit, nur 12 Maafs, hingegen dann 187 Maafs Gas liefert, wenn man sie mit einer Salzauflösung aufbaut, zu welcher eben soviel Säure genommen worden ist, als vorher Wasser zur Auflösung des Salzes angewendet worden war. Uebrigens ist noch zu bemerken, dafs die Wirkung der Säule um so gröfser wird, je dünner die Schicht der Flüssigkeit zwischen den zwei verschiedenartigen Metallen ist.

Man hat mehrere Arten, diese elektrischen Säulen aufzubauen.

1) Die erste und gewöhnlichste Weise ist folgende: Platten von Zink und Kupfer, von der Gröfse eines Speciesthalers, werden zusammengelöthet, und dann so über einander gestellt, dafs zwischen jedem Plattenpaare eine Pappscheibe zu liegen kommt, die vorher mit einer Auflösung von Kochsalz in Essig gut durchtränkt worden ist. Wenn man die Säule so aufzubauen anfängt, dafs beim untersten Plattenpaare die Kupferseite nach oben liegt, so müssen alle folgende Plattenpaare in derselben Säule nach eben dieser Richtung eingelegt werden. Man kann zwar auch Metallplatten, die nicht zusammengelöthet sind, anwenden; allein es ist dann oft der Fall, dafs die aus den Pappscheiben austretende Flüssigkeit zwischen die Platten selbst eindringt, wodurch die Wirksamkeit der Säule bedeutend vermindert wird. Mehr als 20, 30 bis 40 Paar Platten darf man in einer Säule deshalb nicht auf einander stellen, weil sonst die Flüssigkeit der unteren Pappscheiben durch den zu starken Druck herausgepreſst wird;

will man daher eine aus mehreren, z. B. 100 Paaren zusammengesetzte Kraft anwenden, so thut man besser, wenn man mehrere kleine Säulen aufstellt und die entgegengesetzten Pole derselben durch Metalldräthe in Verbindung bringt. — In Fig. 12. Taf. I. ist eine solche Säule dargestellt. — Hat die Wirksamkeit der Säule aufgehört, so muſs man sie aus einander nehmen, und die Metallplatten zum Behuf neuer Versuche durch Scheuern von der Oxydhaut reinigen, die sich während des Versuches auf ihrer Oberfläche ansetzt, und gewöhnlich ziemlich fest an dem Metalle haftet. Weil dieses Scheuern mit vieler Unbequemlichkeit verbunden ist, so ist man auf andere Methoden bedacht gewesen, wobei es dessen nicht bedarf. Diese Methoden sind folgende:

2) Man läſst sich eine Anzahl von wenigstens 50 Stück kleinen Gläsern machen, von 1 Zoll Durchmesser auf dem Boden und $2\frac{1}{2}$ bis 3 Zoll Höhe, die entweder ganz cylindrisch, oder auch (mehr becherförmig) wie Fig. 13. Taf. I. gestaltet sind. Diese stellt man in ein Brett, worin für jedes Glas ein Loch eingeschnitten ist, zusammen, und füllt sie zu $\frac{3}{4}$ ihrer Höhe mit schwacher Salzsäure. Man nimmt dann eine hinreichende Anzahl ziemlich starker Kupferdräthe, von 7 bis 8 Zoll Länge, und gieſst an das eine Ende eines jeden Draths, wenn es zuvor gehörig gereiniget und mit etwas Salmiakauflösung bestrichen worden ist, mittelst einer gewöhnlichen Kugelform, eine Zinkkugel an. Es geht auch an, das Ende des Kupferdraths in geschmolzenen Zink einzutauchen, so daſs sich etwas Zinkmasse daran anhängt, und diese durch mehrmaliges Eintauchen zu vergröſsern; dieſs geht aber langsamer von statten. Hat man auf diese Weise an jeden Kupferdrath eine Zinkkugel angeschmolzen, so werden dieselben so in die Gläser eingelegt, daſs die Zinkkugel auf den Boden des Glases zu liegen kommt, der Drath aber so weit umgebogen, daſs er in das nächste Glas bis zu $\frac{1}{2}$ Zoll Entfernung von der darin befindlichen Zinkkugel hineinreicht. Je stärker der Drath ist, desto kräftiger ist die Wirkung des Apparats, und diese kann

noch vermehrt werden, wenn der umgebogene Theil des Kupferdraths breit geschlägen wird, um ihm eine gröfsere Oberfläche zu geben. Man kann eben so schmale Streifen von Kupferblech und von Zinkblech anwenden, die mit dem einen Ende zusammengelöthet und so gebogen werden, dafs das Zinkende in dem einen Glase steht und das Kupferende in dem nächsten. Dieser Apparat hat den Namen von Volta's Becher-Apparat erhalten, und ist unter den kleineren der bequemste, kostet auch am wenigsten zu unterhalten. Will man die Versuche damit nicht weiter fortsetzen, so braucht man nur die Streifen herauszunehmen, im Wasser abzuspülen und mit einem reinen Handtuche abzutrocknen. Bei einem neuen Versuche können sie in wenigen Minuten wieder eingelegt werden.

3) Trog-Apparate nennt man diejenigen Vorrichtungen, wo die Platten, ohne dazwischen gelegte Pappe oder Tuch, unmittelbar in der Flüssigkeit stehen. Die älteste Art von Trog-Apparaten wurde von Cruikshank angewendet, bei welcher die zusammengelötheten Metallplatten, mit einem nicht leitenden Kitt eingefafst, in einen hölzernen Trog eingelegt werden, in welchen man die dazu bestimmte Flüssigkeit hineingiefst. Gewöhnlich bedient man sich dazu gröfserer, viereckiger Platten, meist von 4 Zoll Länge und Breite, also von 16 Quadratzoll Oberfläche. Nach jedem Versuche wird die Flüssigkeit wieder ausgegossen, der Trog mit reinem Wasser ausgewaschen, abgetropft und getrocknet.

Diese erste Einrichtung der Trog-Apparate ist späterhin in England um vieles verbessert worden. Man macht jetzt Tröge von Porzellan, die durch Zwischenwände in 10 bis 12 Fächer getheilt sind, wie Fig. 3. Taf. IV. zeigt. In London werden dergleichen Tröge von $14\frac{1}{2}$ Zoll Länge und 6 Zoll Breite verfertiget, welche 10 Abtheilungen enthalten. In diese werden nun die Platten so eingesetzt, dafs eine Kupfer- und Zinkplatte mittelst eines 1 Zoll breiten Kupferstreifens (wie Fig. 2. Taf. IV.) mit einander verbunden und das ganze so zu-

sammengestellt wird, wie Fig. 4. zeigt. AB ist nämlich ein Stück trocknes und gefirnifstes Holz, an welches der Streifen eines jeden Plattenpaares festgeschraubt ist, so dafs man alle Paare auf einmal aus der Flüssigkeit herausheben kann, wenn man den Versuch schliefsen will. Die Platten werden so in den Trog eingesetzt, dafs die sie vereinigenden Streifen genau in die Mitte der Scheidewände zwischen zwei Fächer, und dafs in jedes Fach eine Zink- und eine Kupferplatte zu liegen kommen, welche nur mittelst der darin befindlichen Flüssigkeit in leitender Gemeinschaft stehen. Durch Zusammenstellung mehrerer Tröge kann man Apparate von jeder beliebigen Anzahl Plattenpaaren erhalten.

Spätere Erfahrungen haben gelehrt, dafs durch Verdoppelung der Kupferplatten auch die chemische Wirksamkeit des Apparats verdoppelt wird, weil beide Seiten des Zinks dabei wirksam werden. In diesem Falle biegt man die Kupferplatten des einen Paares um die Zinkplatte des nächsten Paares, wie Fig. 5. Taf. IV. zeigt, wo die Ansicht von oben dargestellt ist und die punktirten Linien die Streifen andeuten, durch welche die Metalle mit einander verbunden werden. Man sieht leicht ein, dafs bei dieser Einrichtung die Zinkplatten auf beiden Seiten wirken müssen, während sie bei der vorigen nur mit einer wirken.

Eine andere Vorrichtung ist folgende. Man läfst sich schmale, parallelepipedische Tröge von Kupferblech machen, welche 10 Zoll hoch, 10 Zoll lang, aber nur $\frac{1}{2}$ Zoll breit sein dürfen, und stellt dieselben auf ein isolirendes hölzernes Gestell so neben einander, dafs sie einander nicht berühren. Man setzt dann Zinkplatten von 9 Zoll Seitenlänge dergestalt in die Tröge ein, dafs sie das Kupfer an keiner Stelle berühren, und verbindet dieselben durch ein Queerholz, wie bei dem englischen Apparate AB Fig. 4. Taf. IV. Die Zinkscheiben werden dabei zugleich mittelst eines Kupferstreifens, der vom nächsten Kupfertroge ausgeht, in leitende Verbindung gebracht. Man gielst dann die Flüssigkeit in die Tröge,

welche nun als doppelte Kupferplatten wirken. Oersted und Stadion, welche von dieser Einrichtung zuerst Gebrauch machten, rühmen ihre ungewöhnliche Wirksamkeit.

Eine neue Construction der Trog-Apparate ist von dem amerikanischen Naturforscher Hare erfunden. Man legt zwischen die ausgewalzten Zink- und Kupferplatten eine Scheibe von Pappe oder Leder, rollt sie dann spiralförmig zusammen, und nachdem man die Lederscheibe herausgenommen hat, befestigt man die Metallplatten in ihrer Lage mit kleinen hölzernen Stäben, die man dazwischen schiebt, damit sich die Metalle nicht berühren. Die Verbindung des Zinks des einen Paares mit dem Kupfer des andern, geschieht durch ein Queerholz, auf die bereits angeführte Weise. Diese so gewundenen Metallscheiben taucht man nachher in cylindrische Gefäfse von Glas, wobei man den Vortheil hat, dafs in Cylindern von einigen Zollen im Durchmesser ungeheuer grofse Scheiben Platz finden, dafs der gröfste Theil der beiden Seiten der Metalle activ ist, und endlich dafs man die wenigst-mögliche Menge Flüssigkeit braucht, wenn man die Scheibengerölle so grofs macht, dafs sie die Gläser richtig ausfüllen. Man hat nachher einen andern weniger kostbaren Apparat construirt, der dem eben genannten in der Wirksamkeit gleichen soll. Man schneidet Scheiben von Zinkblech von z. B. 3 bis 4 Zoll Breite; um jede von diesen Scheiben macht man ein Futteral von dünnem Kupferblech, das in dem Abstande von höchstens einer Linie das Zink umgiebt, ohne es zu berühren. Diese werden nun zusammen befestigt, z. B. 50 Stück auf einer Stange von Holz, gegen welche die Zinkscheiben sich so stützen, dafs sie nicht ihre Stelle ändern, wodurch es kommen könnte, dafs sie das Kupferfutteral berühren. An der hölzernen Stange wird die Zinkscheibe des einen Paares mit dem Kupferfutteral des nächsten Paares verbunden. Diese Futterale werden an einander gesetzt und eine in Leinölfirnifs getauchte und halbgetrocknete dünne Pappscheibe wird zwischen jedes Kupferfutteral gesetzt, worauf sie zusammengepreßt werden, so dafs sie alle sich

einander stützen, und dafs das Wasser nicht zwischen sie eindringen kann. Dieser Apparat wird nun in einen einzigen länglichen Trog ohne Zwischenwände, der verdünnte Salpetersäure enthält, getaucht. Durch vier solcher Apparate, d. h. mit 200 Paaren, erhält man einen Apparat von aufserordentlicher Stärke. Hare nennt diese Apparate Calorimotor oder Deflagrator, weil sie im Verhältnifs zu dem Raum, den sie einnehmen, unendlich gröfsere Hitze bei der Entladung hervorbringen, als Trog-Apparate von gewöhnlicher Einrichtung.

Die Trog-Apparate haben ihre grofsen Vortheile, aber auch eben so grofse Unbequemlichkeiten. Sie erfordern ansehnliche Quantitäten Flüssigkeit, was, bei der Anwendung von Säuren, ziemlich kostbar ist. Eine Batterie von Londoner Trögen, zu ungefähr 50 Plattenpaaren, erfordert 20 bis 30 Quart Flüssigkeit. Durch den grofsen und ungleichen Abstand, der zwischen den Plattenpaaren bleibt, wird die Wirkung dieser Apparate vielfach schwächer, als wenn man dieselben Platten, mit Papierscheiben abwechselnd, welche mit derselben Flüssigkeit getränkt sind, auf die gewöhnliche Weise über einander stellt. Da man überdiefs, um die Wirkung zu vermehren, den Trog gewöhnlich mit einer Auflösung von Alaun, mit Schwefelsäure versetzt, anfüllt; so wird, während der Wirksamkeit des Apparats, die Entwickelung des Wasserstoffgases so bedeutend und für das Athmen so beschwerlich, dafs sie schon bei 50 Plattenpaaren dem Operator höchst lästig fällt. Die *Royal Institution* zu London besitzt einen solchen Apparat von 2000 Paaren, die in 200 Trögen vertheilt sind. Dieser Apparat steht aber in einem unterirdischen Gewölbe, und die Elektricität wird durch isolirte Metalldräthe in ein oberes Zimmer geleitet, wo man dann die Entladungs-Versuche ohne Unbequemlichkeit vornehmen kann.

In jedem Falle würde ich, nach meinen Erfahrungen über solche Apparate, denjenigen, die nicht mehr als 50 Plattenpaare besitzen, den Rath geben, sie lieber mit Pappscheiben abwechselnd über einander, als in einem

um so besser, je schmäler sie sind. Zamboni fand, dafs, wenn man etwas Kochsalz in dem dazu gebrauchten Wasser auflöst, die entladene Elektricität zwar schneller wieder hergestellt wird, aber schwächer ist, und dafs bei Anwendung starker Auflösungen gar keine Elektricität entsteht.

Oersted hat bewiesen, dafs mechanische Ungleichheiten bei verschiedenen Stücken des nämlichen Metalls schwache elektrische Wirkungen zwischen diesen Stücken hervorbringen können, als wären sie verschiedene Metalle. Wenn z. B. zwei Zinkscheiben von verschiedener Breite in eine schwach-saure Flüssigkeit hineingetaucht werden, so wirkt, wenn man sie in metallische Berührung bringt, die breitere Scheibe wie Kupfer gegen die weniger breite. Ist aber die Säure stark, oder ihre Wirkung durch Erwärmung verstärkt, so verhält sich die breitere Scheibe umgekehrt wie Zink gegen die schmälere, die dann wie Kupfer wirkt. Wenn von zwei gleichen Scheiben die eine durch vorheriges Eintauchen in eine Säure angefressen und rauh ist, so verhält sich diese wie Zink gegen die andere, deren glatte Oberfläche wie Kupfer wirkt.

Die verschiedenen Dimensionen der elektrischen Säule bringen, unter übrigens gleichen Umständen, auch verschiedene Wirkungen hervor. Diese Dimensionen beziehen sich 1) auf die Gröfse der, von den entgegengesetzten elektrischen Metallen berührten Oberfläche der Flüssigkeit, und 2) auf die Anzahl der zusammengestellten Plattenpaare.

In demselben Verhältnisse, in welchem die Oberfläche der Flüssigkeit zunimmt, vermehrt sich auch die elektrochemische Wirksamkeit der Säule, d. h. ihr Vermögen, die Flüssigkeit zu zersetzen, das Feuerphänomen hervorzubringen u. s. w. Dagegen brauchen sich die Metalle, im Verhältnisse gegen die Flüssigkeit, nur auf einer sehr kleinen Oberfläche zu berühren; bei Säulen von kleinen Platten bedarf es daher nur eines Punkts, bei gröfseren hingegen einer etwas gröfseren Berührungsfläche, da-

mit die zwischen den Metallen entladene Elektricität ungehindert übergeführt werden kann.

Man kann sich die Wirkung dieser Dimensionen leicht durch ein Beispiel versinnlichen. Wenn man zehn völlig gleiche Säulen hat, und man läfst sie sämmtlich mittelst ihrer verschiedenen Leiter durch eine und dieselbe Portion Wasser sich entladen, so wird die Menge Sauer- und Wasserstoffgas, welche durch Zersetzung des Wassers von allen 10 Säulen entwickelt wird, auch zehnmal so grofs, als von einer einzigen derselben sein. Läfst man hierauf die einzelnen Leitungen der gleichnamigen Pole zu einem einzigen verbinden, so wird (wenn man nicht den gemeinschaftlichen Leiter zu schwach macht) dasselbe erfolgen, und es ist klar, dafs ein ganz gleicher Erfolg statt haben würde, wenn jede einzelne Platte eine zehnmal gröfsere Oberfläche hätte, und alle zehn Säulen eine einzige ausmachten. Man hat diefs noch vollständiger auf folgende Art bewiesen: wenn z. B. 50 Paar Platten, jede von 16 Quadratzoll Oberfläche, bei ihrer Entladung etwa 2 Zoll eines sehr feinen Stahldrathes verbrennen, so werden von 32zölligen Platten 4 Zoll, von 64zölligen 8 Zoll Drath u. s. w. verbrannt.

Man hat Platten von mancherlei Dimensionen versucht, und immer gefunden, dafs mit ihrer Gröfse auch die Wirksamkeit zunimmt. Die gröfste Batterie in dieser Hinsicht, die man bis jetzt kennt, wurde im Jahre 1812 von dem Engländer Children gebaut, und besteht aus 20 Paar Platten von 6 Fufs Länge und 2 Fufs 8 Zoll Breite. Die Hitze, die sie in ihrem Entladungspunkte giebt, ist unglaublich grofs; ein mehrere Fufs langer Platindrath, womit sie entladen wird, bleibt fortwährend im Glühen.

Die zweite Dimension der Säule bezieht sich auf die Anzahl der Plattenpaare. Wenn man in dem oben gegebenen Beispiele von 10 gleichen Säulen alle 10 durch ihre entgegengesetzten Pole mit einander verbindet, so dafs sie eine einzige, 10mal mehr Platten enthaltende Säule ausmachen; so ist diese Säule von weit stärkerer

Kraft, als eine einzige von diesen zehn Säulen. Allein diese Kraft äufsert sich nicht etwa vorzüglich stark in den chemischen Wirkungen, sondern vielmehr vornehmlich in denjenigen Erscheinungen, die sich auf die höhere Intensität der vertheilten Elektricität beziehen; so treibt sie z. B. die Kugeln des Elektrometers stärker aus einander, und giebt einen weit heftigeren Schlag, als eine einzige Säule mit 10mal gröfseren Platten. Diesem allen liegt die Ursache zum Grunde, dafs die Intensität der Ladung auf die oben gezeigte Art und Weise mit der Anzahl der Plattenpaare zunimmt, d. h. dafs die Elektricität sich mit gröfserer Kraft zu entladen strebt.

Wenn man die elektrischen Schläge dieser Säulen mit einander vergleicht, so findet man zwar, dafs der Schlag der zehnfachen Säule stärker, als der einer einzigen Säule ist, weil das Gefühl auch von der Menge der Elektricität afficirt wird; aber ohne Vergleich gewaltsamer ist der Schlag, welchen die einzelnen durch ihre entgegengesetzten Pole mit einander in Verbindung gesetzten 10 Säulen geben, weil hier vorzüglich die Heftigkeit, womit die Entladung geschieht, auf das Gefühl wirkt.

Indessen nimmt mit der Intensität auch die Menge der vertheilten Elektricität um etwas zu, jedoch in sehr geringem Verhältnisse. Gay-Lussac und Thenard haben durch Versuche ausgemittelt, dafs die Gröfse der elektrochemischen Wirksamkeit einer Säule, welche hauptsächlich von der Menge der Elektricität abhängt, in dem Verhältnisse der Cubikwurzeln von der Anzahl der Plattenpaare zunimmt. So werden, zur Verdoppelung der elektrochemischen Wirkung einer aus 64 Plattenpaaren bestehenden Säule, 512 Paar Platten erfordert, weil 64 der Cubus von 4, und 512 der Cubus von 8 ist, so dafs daher die Anzahl der Platten 8mal gröfser sein mufs, wenn die elektrochemische Wirkung verdoppelt werden soll.

Es bleibt uns jetzt noch übrig, 1) von der Veränderung, welche die Flüssigkeit in der Säule erleidet, und 2) von den physischen und chemischen Erscheinungen, zu spre-

sprechen, welche bei Entladung der Säule hervorgebracht werden.

1) Die Veränderung der Flüssigkeit ist von höchst merkwürdiger Art. Schon oben ist erwähnt worden, dafs während der elektrischen Entladung gewisse Bestandtheile zum positiven Metalle, andere zum negativen geleitet werden, und dafs diefs nach einer gewissen Ordnung erfolgt, so dafs bei einfachen Körpern der Sauerstoff, bei zusammengesetzten aber die Säuren auf die positive Seite treten; auf der negativen Seite aber die einfachen brennbaren Körper, und von den zusammengesetzten alle diejenigen Oxyde sich ansammeln, welche mit Säuren Salze bilden können, und deren Radikale zum Sauerstoff eine gröfsere Verwandtschaft, als der Wasserstoff, haben, wie z. B. Alkalien, Erdarten, die Oxyde des Zinks, Mangans, Ceriums u. m. a. Metalle. Bei einer Säule z. B., welche von Zink- und Kupferplatten, mit Pappscheiben, die mit einer Auflösung von salzsaurem Natron angefeuchtet sind, aufgebaut wird, sammelt sich auf der Kupferseite der Wasserstoff des Wassers, welcher in Gasgestalt entweicht, und das Natron des Salzes, welches in der Flüssigkeit zurückbleibt; auf der Zinkseite hingegen häuft sich der Sauerstoff des Wassers und die Säure des Kochsalzes an; der Sauerstoff entweicht aber nicht als Gas, sondern verbindet sich mit Zink und Salzsäure zu salzsaurem Zink. Sobald alles Alkali sich am Kupfer und alle Säure am Zink gesammelt hat, hört die Wirksamkeit der Säule auf; gewöhnlich nimmt die Wirkung schon dann ein Ende, wenn das Zink sich mit einer dicken Oxydhaut überzogen hat, welche die Leitung unterbricht. In Trog-Apparaten, wo die Beweglichkeit der Flüssigkeit es verhindert, dafs die bei der Entladung entwickelten Bestandtheile ruhig auf ihrer gehörigen Stelle bleiben, würde daher die Elektricität immer fortdauern, wenn nicht die Oxydation des Zinks, wodurch dieses Metall zuletzt einen Ueberzug bekommt, die Leitung unterbräche.

Ich habe bereits angeführt, dafs die elektrischen Er-

scheinungen der Säule desto intensiver sind, je leichter sich die Flüssigkeit zersetzt, d. h. je weniger Kraft dazu erfordert wird, ihre Bestandtheile von einander zu trennen, und einen jeden nach seiner elektrischen Seite hin zu führen. Darum folgt, daſs, wenn wir in dem angeführten Beispiele unsere Säule so aufbauen, daſs wir statt des Kochsalzes eine Auflösung seiner Bestandtheile, nämlich: flüssige Salzsäure und ätzendes Natron, anwenden, und diese Bestandtheile in einer solchen Ordnung mit den Metallen in Verbindung bringen, welche derjenigen Ordnung, worin sie sich beim Aufhören der Wirkung der Säule befinden, entgegengesetzt ist, d. h. wenn wir die Säule so aufbauen, daſs Kupfer, Zink, Pappe mit ätzendem Natron, Pappe mit Salzsäure, Kupfer, Zink u. s. f. auf einander folgen; — daſs in diesem Falle die Säure weit leichter an die Zinkseite, das Alkali aber eben so leicht an das Kupfer treten kann, als wenn die Säure und das Alkali mit einander verbunden sind (und erst von einander geschieden werden müssen). Daher bringt auch eine Säule, auf diese Weise aufgebaut, eine ganz ungewöhnliche und weit gröſsere elektrische Wirkung hervor, als wenn sie mit einer Lösung von salzsaurem Natron aufgestellt wird. Ihre Wirkung nimmt indessen in dem Maaſse ab, als Säure und Natron sich mehr und mehr zu Kochsalz verbinden, und wird, wenn beide sich völlig neutralisirt haben, bedeutend schwächer, dauert aber doch noch so lange fort, bis der gröſste Theil der Bestandtheile der Flüssigkeit sich auf entgegengesetzten Wegen ausgeschieden hat, d. h. bis das Alkali an das Kupfer und die Säure an das Zink getreten ist. Noch belehrender läſst sich ein Versuch dieser Art mit der Röhrenbatterie Taf. I. Fig. 14. anstellen, wenn man das Alkali in den untern Theil der Röhre füllt, und dann die Säure behutsam darauf gieſst, damit sich beide nicht vermischen. Noch sichtbarer ist der Erfolg, wenn man beide Flüssigkeiten vorher mit etwas Rothkohltinktur färbt, wovon die Säure roth und das Alkali grün wird; so wie nämlich beide Flüssigkeiten sich dann durchdringen, so

kommt auch auf den Stellen, wo sie einander neutralisiren, die blaue Farbe des Rothkohls wieder zum Vorschein.

Diese Art Säulen haben sonach zwei verschiedene Wirkungszeiten: 1) eine kräftigere, die bis zur Verbindung des Alkali's mit der Säure geht, in welcher die elektrische Entladung durch die gegenseitige Anziehung der Säure und des Alkali's unterstützt wird, und 2) eine schwächere, in welcher diese Anziehung der elektrischen Entladung entgegenwirkt, weil letztere erst die von der Säure und dem Alkali eingegangene Verbindung wieder zerstören muſs, um beide Bestandtheile nach entgegengesetzter Richtung abzuleiten. Offenbar tritt bei unseren gewöhnlichen mit Kochsalzauflösung aufgebauten Säulen nur diese letztere Periode ein, und das Schema für die wirksamste Säule bleibt daher: Kupfer, Zink, Alkali, Säure, K. Z. A. S. u. s. f.; und eine solche Säule fährt so lange zu wirken fort, bis folgende Ordnung: Kupfer, Zink, Säure, Alkali, eingetreten ist.

Baut man eine Säule gleich anfänglich in dieser letztern Ordnung auf, so ist sie zwar nicht schlechterdings unwirksam; allein ihre Wirkung ist doch höchst schwach und nicht anders, als wenn man bloſses Wasser zum Anfeuchten der Papierscheiben anwendete. Dieses wird nämlich in seine Bestandtheile zerlegt, der Wasserstoff tritt an das Kupfer, der Sauerstoff aber verbindet sich mit dem Zink, und die Entladung hat auch ihren Fortgang, die Anwesenheit des Alkali's und der Säure trägt aber nichts weiter dazu bei, als daſs das Wasser dadurch etwas mehr leitend wird.

Die bisher beschriebenen elektrisch-chemischen Erscheinungen finden bloſs bei fortdauernder Entladung der Säule statt. Unterbricht man diese, oder häufen sich die Elektricitäten unentladen in den Polen an, so geht weiter keine Veränderung in der Flüssigkeit vor. Könnte man die Pole in absoluter Isolirung erhalten; so würde auch die Flüssigkeit durchaus unverändert bleiben. Allein, da in jedem Augenblicke ein Theil der angehäuften Elektri-

citäten von der umgebenden Luft entladen wird; so bewirkt dieſs auch in der Flüssigkeit noch eine kleine Veränderung, und man findet das Zink selbst dann etwas angegriffen, wenn die Säule unentladen stehen bleibt. Es ist daher nicht die Entwickelung der Elektricität in der Säule, welche die elektrochemischen Erscheinungen hervorbringt, sondern diese rühren von der Entladung der Elektricität durch die leitende Flüssigkeit her.

2) Die physisch-chemischen Phänomene, welche aus dieser Entladung hervorgehen, verdienen nicht weniger Aufmerksamkeit, als die vorhergehenden. Wenn man an dem einen Pole der Säule ein Kork-Elektrometer aufhängt, und den andern Pol isolirt, so stoſsen sich die Korkkugeln ab. Die Gröſse dieser Wirkung hängt von der Anzahl der Plattenpaare, nicht von ihrer Gröſse ab; auch kann man auf diese Weise verschiedene von den gewöhnlichen Erscheinungen der elektrischen Attraction und Repulsion hervorbringen, wiewohl nur schwach.

Verbindet man beide Pole durch einen Metalldrath, so entsteht, bei einer gewissen Ladungs-Intensität, im Augenblicke der Entladung ein Funken. Man erhält ihn besser mit spitzigen, als mit runden Ausladern, und seine Gröſse steht im Verhältnisse mit der Gröſse der Platten, d. h. er ist von einer geringen Anzahl groſser Plattenpaare sichtbarer, als bei Anwendung kleiner Platten. Dieser Funken wird auch erhalten, wenn man die Metalldräthe von beiden Polen in das Wasser leitet und sie hier sich berühren läſst. Die Ursache dieser Erscheinung ist darin zu suchen, daſs in diesem Falle die Intensität der Elektricität so unendlich gering ist, daſs das Wasser, ungeachtet es für stärkere Elektricität ein Leiter ist, dennoch in einem gewissen Grade Nichtleiter für dieselbe wird. Selbst in der Lichtflamme sieht man diesen Funken noch, und sein intensiver Glanz wird beim Durchfahren durch die Flamme nicht verdunkelt. Bedient man sich zum Auslader eines feinen Eisendraths, z. B. einer Klaviersaite von No. 10., so brennt die Spitze des Draths sogleich ab, und

sprüht Funken umher. Die lebhaftesten und hellsten Funken erhält man, wenn man die Säule durch unechtes Blattgold und Quecksilber, wovon jedes mit einem Pole in Verbindung gebracht wird, entladet.

Die Entladung der Säule bringt übrigens dasselbe Phänomen von Feuer und Wärme hervor, wie die gewöhnliche Elektricität. Der Funke entzündet ein Gemenge von Sauer- und Wasserstoffgas; und eine Säule aus Platten entzündet und bringt die Körper, durch welche sie entladen wird, zum Glühen, wenn deren Capacität zu klein ist, um die Elektricität so schnell zu entladen, wie sie erzeugt wird. Man kann auf diese Weise aus einer starken Säule, welche durch zwei Platindräthe entladen wird, diese im Berührungspunkte zusammenlöthen, im Augenblick der Entladung mehrere Ellen Stahldrath verbrennen, Kohle glühen u. s. w. Mit der grofsen Säule des Königl. Instituts zu London, kann man im Entladungspunkte zwei Stück Kohle stärker, als durch irgend eine andere Art Verbrennung zum Glühen bringen, und das sogar in solchen Luftarten, in welchen kein Verbrennen statt findet. Wir sehen hieraus auf das Augenscheinlichste, dafs die Elektricitäten, sobald sie aufhören, sich als vertheilte EE zu zeigen, sich als strahlendes Licht und Wärme offenbaren, oder doch diese hervorbringen. Mit Children's grofser Plattenbatterie hat man Metalle geschmolzen, die im Feuer unschmelzbar sind, z. B. Iridium.

Hare und Silliman haben mit dem oben erwähnten Deflagrator so hohe Temperaturen hervorgebracht, dafs, als die Ausladung zwischen Kohlenspitzen geschah, die Kohle zu kleinen, feinen, glänzenden Kugeln zu schmelzen schien, wobei der sonderbare Umstand zugleich eintraf, dafs auf der Kohle, die in Verbindung mit dem positiven Pol des Deflagrators war, sich kleine Theile von der Kohle absonderten, welche sich auf der negativen Spitze sammelten und sie verlängerten *). Das Licht

*) Der Deflagrator oder Calorimotor soll nach Hare's und Sillimans Versuchen noch die bemerkenswerthe Eigenschaft zeigen,

dabei war so stark, dafs die Augen, ohne Schaden zu leiden, es nicht ertragen konnten, und es glich dem Sonnenlichte an Farbenlosigkeit und erleuchtender Kraft.

Wenn man grofse Plattensäulen durch kleine Mengen von Flüssigkeit entladet, so werden diese erwärmt und gerathen zuletzt ins Sieden; wenn man z. B. eine Salzauflösung in ein kleines konisches Metallgefäfs füllt, welches mit dem einen Pole in Verbindung steht, und dann ein dickes Metallstück, z. B. eine Kugel, welche den Umkreis des Gefäfses nicht ganz ausfüllt, in die Auflösung bringt, so wird diese innerhalb weniger Minuten kochend heifs. Zu einem guten Gelingen dieses Versuches wird jedoch erfordert, dafs die Säule sehr kräftig ist und die entladenden Metalle so viel Oberfläche, als möglich, haben, weil sonst die Elektricitäten nicht in hinreichender Menge in das Wasser eindringen und dieses nicht ins Kochen bringen können. Ist die Masse der Flüssigkeit grofs, die Säule aber schwach, so wird jene von der Luft eben so schnell wieder abgekühlt, als sie erwärmt wird, und ihre Erwärmung ist daher unmerklich.

Wenn man von jedem Pole einer Säule einen isolirten Metalldrath zu den beiden Belegungen einer elektrischen Ladungsflasche führt, so wird diese augenblicklich mit der ganzen Intensität der Säule geladen, die Flasche mag übrigens klein sein, oder einer ganzen Batterie angehören. Van Marum fand, dafs eine Säule von ganz kleinen Platten die grofse Batterie, welche zu der

---

dafs wenn man ihn mit den ungleichnamigen Polen mit einem gewöhnlichen Trog-Apparat mit gleich grofsen Platten, und mit derselben Flüssigkeit befeuchtet, zusammenstellt, er nicht die Wirksamkeit des Trog-Apparates vermehrt, welche allein hindurch geht wie durch jeden andern leitenden Körper; die Wirksamkeit des Deflagrators wird durch den Trog-Apparat gänzlich unterbrochen. Hare erklärt diefs dadurch, dafs er annimmt, dafs in ungleichen Apparaten die Verbindungen von Elektricität und Wärme in einem ungleichen Verhältnifs entwickelt werden. Der gewöhnliche Apparat sollte nach Hare mehr von der erstern entwickeln, und der Deflagrator mehr von der letztern, deshalb geht wohl die Wirksamkeit des Trog-Apparates durch den Deflagrator, aber nicht die des Deflagrators durch den Trog-Apparat.

colossalen Elektrisir-Maschine des Teylerschen Museums gehört, augenblicklich bis zu dem eigenthümlichen Grade der Säule selbst lud, wozu sonst mehrere Umdrehungen jener kräftigen Maschine erfordert wurden. Hieraus sieht man, dafs der Unterschied zwischen den Wirkungen der Reibungs- und Berührungs-Elektricität darin besteht, dafs bei ersterer eine geringe Menge Elektricität von grofser Intensität, bei der letztern aber eine unendlich grofse Menge Elektricität von geringer Intensität wirksam ist.

Wenn es richtig ist, die Flüssigkeit bei der elektrischen Säule, — wie das belegte Glas der Ladungsflasche — als geladenen Körper zu betrachten; so kann man annehmen, dieser Unterschied der Elektricität rühre davon her, dafs die Flüssigkeit eine unendlich gröfsere Capacität für vertheilte Elektricität, als das Glas, besitze, und dafs deshalb zur Ladung der Flüssigkeit bis zu einer geringen Intensität eine unendlich gröfsere Menge Elektricität erforderlich sei, als das Glas (vermöge seiner geringeren Capacität) zur Ladung erfordert. Dafs aber die Intensität der Ladung nicht sehr grofs werden kann, liegt darin, dafs die Erregungs-Ursachen der Elektricität so geringe Intensität haben, die Ladung der Säule aber niemals intensiver werden kann, als die Ursache derselben ist.

Will man von der elektrischen Säule einen Schlag erhalten, so mufs man die bloßen Hände mit Wasser, am besten mit Salzwasser, anfeuchten, um die Oberhaut leitend zu machen, weil diese sonst so wenig leitet, dafs sie sogar die Entladung der Säule verhindert. Man pflegt dann einen silbernen Löffel, oder einen Schlüssel, überhaupt ein grofses Metallstück in die feuchte Hand zu nehmen, weil die Stärke des Schlags zum Theil von der Gröfse der Handfläche abhängt, welche mit dem Ausladen in Berührung kommt. Am heftigsten fühlt man die Schläge, wenn man die Hände in zwei Schalen mit Salzwasser eintaucht und jede dieser Schalen mit ihrem Pole in Verbindung bringt. Die Schläge sind nur im ersten Augenblick der Entladung fühlbar, und die Zuckungen

hören bei fortdauernder Gemeinschaft mit den Polen auf; hat man aber Hautbeschädigungen, Neidnägel, und solche Stellen, wo die Nerven weniger von der Oberhaut bedeckt sind, so giebt ein fortwährendes Brennen auf diesen Stellen die Fortdauer der Entladung zu erkennen. Auch durch den Geschmack läfst sich diefs erkennen, wenn man nämlich die Säule durch Hand und Zunge entladet, indem nach den ersten Zuckungen die Zunge durch ein geschmackähnliches Gefühl afficirt wird, und zwar selbst dann, wenn der Körper, den man zur Zunge führt, nur reines Quellwasser ist.

Diese Umstände beweisen, dafs die Funken und Schläge bei der Entladung der elektrischen Säule daher rühren, dafs wenn die Pole der Säule isolirt sind, die Flüssigkeit zu einer höheren Intensität geladen wird, als die Berührung bei beständig fortwährender Entladung hervorzubringen vermag. Diefs ersieht man auch daraus, dafs man bei abnehmender Wirkung der Säule keinen Funken von einiger Stärke mehr von ihr erhält, wenn man sie nicht nach jeder Entladung eine Weile mit Isolirung der Pole ruhen läfst, wodurch die Ladung allmählig zu einer höheren Intensität gebracht wird.

Die chemischen Wirkungen der Entladung gleichen, mit geringem Unterschiede, denjenigen, welche zwischen jedem Plattenpaare vorgehen. Wenn man (Fig. 6. Taf. IV.) eine Glasröhre an beiden Enden mit einem Korke verschliefst, und durch jeden Kork einen Metalldrath so tief in die Röhre hineinführt, dafs die inneren Enden der Dräthe etwa $\frac{1}{8}$ Zoll von einander abstehen, dann die Röhre mit einer Flüssigkeit füllt, den oberen Kork mit einem Ableitungsrohre für die gasförmigen Stoffe versieht, und sodann jeden dieser Dräthe mit einem Pole der Säule in Verbindung bringt; so wird die Flüssigkeit in der Röhre auf dieselbe Weise zersetzt, als diefs geschehen sein würde, wenn die Flüssigkeit zwischen den entgegengesetzten Metallen der Säule selbst eingeschlossen gewesen wäre, und man kann diesen Entladungs-Apparat wie ein neues Plattenpaar der Säule ansehen, durch wel-

chen die Pole mit einander in Verbindung gebracht werden. Dabei kommt nicht einmal auf die Beschaffenheit der Metalldräthe etwas an, sie können aus einerlei, oder aus verschiedenen Metallen bestehen, und selbst in verkehrter Ordnung, d. h. gegen die Ordnung der in der Säule befindlichen Metalle, gegen einander gestellt werden; dieſs alles hat keinen Einfluſs, weil die intensive Ladung der Säule diese kleinen Hindernisse überwindet. Es zeigt sich dabei dieselbe Zerlegung der Flüssigkeit, die wir oben erwähnten, nur auf eine mehr in die Augen fallende Weise. Ist nämlich die Flüssigkeit bloſses Wasser, so entsteht am — Drathe ein Strom von Wasserstoffgas, am + Drathe aber, wenn er aus Gold oder Platin besteht, ein Strom von Sauerstoffgas; beide Gasarten können in einem kleinen Apparate (Fig. 7. Taf. IV.) unter besonderen Glasglocken, eine jede unvermischt mit den vorher mit ihr verbundenen Bestandtheilen, aufgefangen werden. Besteht der + Drath nicht aus Gold oder Platin, sondern aus einem leicht oxydirbaren Metalle, z. B. Kupfer, so senken sich von seiner Oberfläche immer mehr zunehmende Wölkchen von Kupferoxyd nieder, welche daher entstehen, daſs der Sauerstoff, statt Gasgestalt anzunehmen, sich mit dem Kupfer verbindet. Ist hingegen die Flüssigkeit Schwefelsäure, so wird am — Drathe Schwefel abgesetzt, und am + Drathe Sauerstoffgas entwickelt. War die Flüssigkeit ein Salz, so sammelt sich am — Drathe, auſser dem Wasserstoffgase, welches entweicht, auch das Alkali oder die Erdart, mit einem Worte, die Basis des Salzes, während um den + Drath herum das Sauerstoffgas entweicht und die Säure des Salzes sich ansammelt; dabei bleiben beide an ihrem Drathe in freiem Zustande. Wenn der positive Drath nicht aus Gold oder Platin besteht, so wird er durch den ausgeschiedenen Sauerstoff des Wassers oxydirt, und dieses Oxyd bildet mit der Säure des Salzes ein Metallsalz. Enthält die Flüssigkeit selbst ein Salz eines Metalles, welches bedeutend geringere Verwandtschaft zum Sauerstoff, als der Wasserstoff des Wassers besitzt, so wird das Was-

ser gar nicht, sondern nur das Metallsalz zerlegt, und zwar auf die Weise, dafs der Sauerstoff des Metalloxyds nebst der Säure an den + Drath geht, das Metall aber geht nach dem — Drath, wo es metallisch ausgeschieden wird, und sogar oft krystallisirt.

Aus allem diesen ersieht man daher, dafs bei den Entladungen durch eine Flüssigkeit Sauerstoff und Säuren vom negativen Pole abgestofsen und vom positiven angezogen werden. Hierbei werden die Verwandtschaften der Körper überwunden, die stärksten chemischen Banden gelöst und die Körper in ungebundenen Zustand versetzt. Alle Körper werden nicht mit gleicher Leichtigkeit, und im Allgemeinen um so weniger leicht zerlegt, je mehr sie mit Wasser verdünnt sind. Körper, welche in der Regel durch kleine Säulen keine Zersetzung erleiden, z. B. Kali und Phosphorsäure, werden durch grofse Plattensäulen leicht zerlegt, wenn man sie mit so wenig Wassergehalt, als möglich, anwendet, so dafs es vielleicht keine chemische Verwandtschaft giebt, die nicht innerhalb des Wirkungskreises einer hinreichend kräftigen elektrischen Säule aufgehoben und überwunden werden könnte.

Da diese Erscheinungen schwerlich statt haben könnten, wenn nicht die chemischen Verwandtschaften, im Ganzen genommen, als Wirkungen elektrischer Kräfte zu betrachten wären; so liegt in der vollkommenen Entwikkelung dieses Gegenstandes der Schlüssel zur Theorie der Chemie.

Der Umstand, dafs die Bestandtheile des Wassers nach der Zerlegung sich von einander trennen und jeder von ihnen um den entsprechenden Drath sich ansammelt, und zwar selbst dann, wenn die Dräthe weit von einander abstehen, oder gar z. B. durch einen vegetabilischen oder animalischen Stoff von einander getrennt sind, war anfangs schwer zu erklären, zumal da keiner dieser gasartigen Bestandtheile in einer bemerkbaren Menge in Wasser löslich ist. Wenn man z. B. eine Glasröhre AD (Fig. 8. Tafel IV.) an dem einen Ende mit einer feuchten Blase zubindet, sie zu $\frac{2}{3}$ mit Wasser anfüllt, dann in ein ande-

res Gefäfs mit Wasser eintaucht, in dieses letztere einen Drath C hineinbringt, und in das Wasser der Glasröhre ebenfalls einen Drath steckt, so wird der positive Drath Sauerstoff, der negative aber Wasserstoff entwickeln, ungeachtet beide Wasserportionen durch die Blase von einander getrennt sind; diese Trennung ist indessen blofs scheinbar, weil das Wasser die Blase erweicht, ihre Zwischenräume ausfüllt und daher in beiden Gefäfsen ein zusammenhängendes Ganze ausmacht.

Die Wanderung der Bestandtheile nach ihren verschiedenen Polen ist nicht mehr schwer zu begreifen, seitdem man darüber im Reinen ist, dafs dazu ein ununterbrochener Zusammenhang der Flüssigkeit unumgänglich erfordert wird. Es sei AB (Fig. 9. Taf. IV.) der + Drath einer Säule, und BC der — Drath; der Abstand zwischen beiden sei mit Wasser angefüllt, welches wir uns als aus Atomen Sauer- und Wasserstoff zusammengesetzt denken, und die wir mit Kugeln bezeichnen; die obere Reihe der Kugeln gehöre dem Wasserstoff, die untere dem Sauerstoff an. Wenn die Säule noch nicht wirksam ist, stehen die Kugeln wie in Fig. 9.; fängt sie aber an zu wirken, und der + Drath stöfst den Wasserstoff ab und zieht den Sauerstoff an, so wie der — Drath diesen abstöfst und den Wasserstoff an sich zieht; so mufs dann die Reihe der Wasserstoffkügelchen sich nach dem — Drathe, die Reihe der Sauerstoffkügelchen aber sich nach dem + Drathe hin bewegen, und die bloſse Ansicht der Figur 10. ist hinreichend, zu zeigen, dafs kein Wasser- oder Sauerstoff eher, als an dem entsprechenden Drathe frei werden kann, und dafs das zwischen beiden Dräthen befindliche Wasser stets unzerlegtes Wasser bleiben mufs. Es liegt am Tage, dafs die Erklärung dieselbe bleiben mufs, wenn man die obere Reihe der Kugeln Metall, Alkali oder Erde, und die untere Reihe Sauerstoff oder Säure nennen will.

Die Gestalt, welche die dabei frei werdenden Körper annehmen, rührt nicht von der Elektricität her, sondern wird durch ihre chemische Natur bestimmt; gasför-

mige entweichen als Gas; unlösliche werden gefällt, und lösliche bleiben in der Flüssigkeit um den entladenden Leiter herum zurück.

Ehe ich die Berührungs-Elektricität verlasse, muſs ich noch eine andere Erscheinung kürzlich erwähnen, die ich an keiner anderen Stelle habe berühren können. Man hat gefunden, daſs manche Körper, unter gewissen Umständen, nur Eine von den beiden Elektricitäten durchlassen, die andere aber isoliren. Man nennt sie unipolare Leiter. Gut ausgetrocknete Seife z. B. leitet die positive Elektricität, isolirt aber die negative. — Die Flamme des brennenden Phosphors leitet die negative E und isolirt die positive. Diese Phänomene zeigen sich indessen nicht eher, als bis man mit dergleichen Körpern die elektrische Säule zu entladen versucht, wo man findet, daſs sie diese nicht entladen, ungeachtet sie sonst die Elektricität ziemlich gut, und die eine Elektricität eben so leicht, wie die andere leiten. Wenn man daher zwei Dräthe, die mit den beiden Polen der Säule in Verbindung stehen, in ein gehörig isolirtes Stück wohl getrocknete Seife dergestalt hineinsteckt, daſs ihre Enden in einem geringen Abstande einander gegenüber stehen; so wird die Säule nicht entladen, und wenn man an den Polen Elektrometerkugeln aufgehängt hat, so behalten diese ihre Divergenz bei, als ob keine Verbindung zwischen den Polen statt fände. Wenn man hingegen die Seife mit einem Metalldrathe in Berührung, und diesen mit dem Erdboden in Verbindung bringt, so wird die Elektricität des positiven Pols abgeleitet, und seine Elektrometerkugeln fallen zusammen; dabei steigt aber die elektrische Intensität des negativen Pols auf ihr Maximum, und die Elektrometerkugeln stoſsen hier einander mehr, als vorher, ab. Macht man diesen Versuch mit der Flamme des brennenden Phosphors, oder mit dem, von einem am Dochte einer Weingeistlampe glühenden Platindrathe aufsteigenden Dampfe (wobei ebenfalls eine Säure gebildet wird), so ist der Erfolg ganz umgekehrt.

Diese Erscheinungen gehören zu den noch nicht erklärten Gegenständen der Elektricitätslehre, und zwar deshalb, weil man noch nicht einzusehen vermocht hat, warum diese unipolaren Leiter der einen Elektricität einen leichteren Durchgang zum Erdboden, als zu einem Körper gestatten, welcher die entgegengesetzte Elektricität im Ueberschufs enthält und sich zu neutralisiren strebt. Man hat gefunden, dafs die meisten Körper bis zu einem gewissen Grade unipolare Leiter sind, wiewohl sich diefs gröfstentheils nicht ohne Schwierigkeit bemerken läfst; und dafs diese Unipolarität mit ihren elektrochemischen Eigenschaften in gewissem Verhältnisse steht, so dafs sie diejenige Elektricität, die sie durch Berührung gewöhnlich annehmen, leiten, die entgegengesetzte aber isoliren. Die Alkalien und Seife sind folglich unipolare Leiter für die + E, Säuren hingegen und die Phosphorflamme für — E. Läfst man die Flamme eines Körpers, der ein Alkali bildet, z. B. des Kaliums, oder eines Körpers, der vielen Wasserstoff enthält, zwischen zwei gleichen Metallkugeln brennen, die mit entgegengesetzten Elektricitäten elektrisirt sind, so zieht sich die Flamme nach der negativen Kugel; der gröfste Theil des Rauches setzt sich daran fest, und die Kugel wird erhitzt, während die andere kaum warm wird. Dagegen zieht sich die Flamme solcher Körper, welche Säuren bilden, z. B. des Phosphors, Schwefels u. s. w., nach der positiven Kugel, welche mit Rauch überzogen und erhitzt wird.

Die Entdeckung der Berührungs-Elektricität und ihrer Wirkungen ist, in Hinsicht ihres Einflusses auf die Entwickelung aller Theile der Naturkunde, vielleicht eine der wichtigsten, welche der menschliche Scharfsinn jemals gemacht hat. Wenn man überlegt, was seit ihrer Entdeckung schon jetzt aus der chemischen Philosophie geworden ist, und sich erinnert, dafs man noch vor 25 Jahren keine Ahnung davon hatte; so kann man sich Glück wünschen, in einem Zeitalter geboren zu sein, in welchem das menschliche Geschlecht mit schnelleren

Schritten, als jemals, seiner geistigen Veredelung entgegenschreitet.

Den ersten Anlafs zu diesen Entdeckungen gab eine ganz gewöhnliche elektrische Erscheinung. Aloys Galvani, Professor der Anatomie zu Bologna, liefs einige Zöglinge sich im Zergliedern von Fröschen üben, und als einer von ihnen zufällig einen Funken von einer in der Nähe stehenden Elektrisirmaschine erhielt, fingen die Muskeln des Frosches unter dem Messer des Zergliederers an zu zucken. Galvani faſste diese Erscheinung auf und beschlofs, näher zu untersuchen, welche Belehrung der Mensch aus dieser unerwarteten und ungewöhnlichen Empfindlichkeit der Nerven eines todten Frosches für Elektricität ziehen könne, wenn dieselben zu Elektroskopen für atmosphärische Elektricität angewendet würden. Zum Behuf eines solchen Versuches, schnitt er ein Stück Rükkenmark nebst den damit zusammenhängenden unteren Extremitäten eines Frosches aus, zog hierauf einen Kupferring durch das Rückenmark, und bemerkte, nachdem er mit dieser Vorrichtung längere Zeit Beobachtungen über die Elektricität der Atmosphäre gemacht hatte, ganz zufällig, dafs ein zerschnittener und mit einem Haken zum Aufhängen versehener Frosch, als er auf ein Gefäfs von verzinntem Eisenbleche gelegt wurde, Zuckungen bekam, die sich immer wiederholten, so oft der Haken, wenn er von dem Bleche aufgehoben worden, dieses wieder berührte. — Galvani fand bald nachher, dafs, wenn man zwei verschiedene Stellen eines so zerschnittenen Frosches mit zwei verschiedenen Metallen belegte, stets Zuckungen in dem Frosche entstünden, sobald die Metalle sich berührten oder mittelst eines Metalldraths verbunden würden, und dafs Zink und Silber diese Erscheinung besser als andere Metalle hervorbrächten. Nun war die Entdeckung geschehen. Galvani machte im Jahre 1791 seine Versuche in einer Druckschrift bekannt, und nannte den wirkenden Stoff animalische Elektricität. Sein Wunsch, aus dieser Entdeckung Nutzen für seine Hauptwissenschaft zu ziehen, verleitete ihn zu man-

cherlei physiologischen Theorien, die aber bald wieder in Vergessenheit geriethen.

Während des folgenden Jahrzehends wurde von vielen achtungswerthen Naturforschern eine so grofse Anzahl von Versuchen über diesen Gegenstand angestellt und beschrieben, dafs eine Sammlung derselben ziemlich eine kleine Bibliothek ausmachen würde. Man richtete seine Aufmerksamkeit dabei vorzüglich auf Physiologie, und fing an, den Stoff, welcher die Zuckungen in dem präparirten Frosche hervorbrachte, als ein eigenes, mit der Elektricität analoges, feines Fluidum zu betrachten, welches man Galvanismus nannte, welchen Namen die Berührungs-Elektricität noch jetzt oft führt. Die Chemie hatte bis dahin noch keinen Nutzen aus dieser Entdeckung gezogen, und konnte damals die Umschaffung noch nicht ahnen, die für sie daraus hervorgehen würde.

Im Jahre 1800 trat Alexander Volta mit der Entdeckung der elektrischen Säule auf, und nach Verlauf eines halben Jahres gab es wohl kaum einen Naturforscher mehr, welcher nicht Volta's erstaunenswürdige Erfindung durch eigene Erfahrungen bekräftiget gefunden hätte. Volta beschrieb die Säule als eine elektrische Vorrichtung, in welcher die Elektricität durch gegenseitige Berührung verschiedenartiger Metalle hervorgebracht würde. Die Meinungen darüber waren getheilt, weil man nicht einig darüber war, ob der in der Säule wirkende Stoff, der Galvanismus, Elektricität sei oder nicht. Man kam indessen bald darüber zur Gewifsheit, nämlich auf die Weise, dafs man zwei elektrische Ladungsflaschen zu gleicher Intensität lud, und zwar die eine durch eine starke elektrische Säule, und die andere durch eine gewöhnliche Elektrisirmaschine; wobei man fand, dafs ihre entgegengesetzten Belegungen einander entladeten. — Ueber die Ursachen der elektrischen Ladung der Säule lag man dagegen lange im Streite. Die fast bis ins Unendliche verschiedene Wirksamkeit der Säule bei Anwendung verschiedenartiger Flüssigkeiten, die insonderheit beim Gebrauch der Salpetersäure am stärksten ist, gab Anlafs zu

der Vermuthung, daſs eine andere Ursache, als die Berührung, hier wirke, und daſs vornehmlich die Oxydation des einen Metalls als *primum movens* der Elektricität zu betrachten sei, da die Erregung derselben in dem Maafse zunehme, wie die Oxydation stärker werde. Eine groſse Anzahl von Naturforschern sah daher die Elektricität der elektrischen Säule als eine Folge von der Oxydation des Zinks, und diese als eine nothwendige Bedingung an, ohne welche diese Elektricität nicht statt finden könne. Volta und mehrere andere Naturforscher traten mit kräftigen Beweisen gegen diese Idee auf; völlig abgemacht aber wurde die Sache wohl erst durch eine Reihe von Untersuchungen von Humphry Davy, worüber er der Königl. Societät zu London im November 1806 einen Bericht erstattete, der zu den vortrefflichsten Abhandlungen gehört, welche jemals die Theorie der Chemie bereichert und erweitert haben.

Ungeachtet die endliche Erforschung der Wahrheit so viel Mühe kostete, so können wir sie doch jetzt durch ganz einfache Versuche auſser Zweifel setzen. Ein solcher Versuch ist folgender: Man gieſse auf den Boden eines jeden Bechers der Batterie Taf. I. Fig. 14. ätzende Kalilauge, auf diese aber Salpetersäure, jedoch mit Vorsicht, damit sich nicht beide Flüssigkeiten vermischen. Das Zink steht nun im Alkali, und das Kupfer in der Säure, von welcher es nach und nach oxydirt und aufgelöst wird, während das Zink vom Alkali nicht angegriffen wird. Wäre nun die Oxydation das *primum movens* der Elektricität, so würde bei Entladung der Säule der Kupferpol positiv und der Zinkpol negativ sein, d. h. die Metalle würden die umgekehrten EE besitzen. Läſst man aber die Säule sich wirklich entladen, so hört die Oxydation des Kupfers in der Säure augenblicklich auf, das Zink oxydirt sich sichtbar im Alkali, und der Zinkpol wird, wie gewöhnlich, positiv. Daraus folgt augenscheinlich, daſs nicht die Oxydation, sondern die Berührung der Metalle die wahre Ursache der Elektricitäts-Entwickelung in der Säule sei.

Die

Die chemischen Wirkungen der elektrischen Säule erweckten anfangs die Aufmerksamkeit der Erfinder weniger, als ihre physischen Erscheinungen. Zwei Engländer, Nicholson und Carlisle, bemerkten zuerst, dafs sie das Wasser zerlege und die ausgeschiedenen Bestandtheile desselben sich um die verschiedenen Pole ansammelten. — Diese chemischen Wirkungen wurden nunmehr ein wichtiger Gegenstand der Untersuchung; man glaubte entdeckt zu haben, dafs der + Pol bei seiner Entladung durch Flüssigkeiten Säuren, der — Pol aber Alkalien erzeuge, und fing an zu vermuthen, dafs aus den Bestandtheilen des Wassers an den entsprechenden Polen Salzsäure und Natron gebildet werden könnten. Simon bewies aber, dafs aus reinem Wasser weder Säure noch Alkali, sondern blofs Sauer- und Wasserstoffgas erhalten werde. — Bei einer Reihe von Versuchen, die ich mit Hisinger anstellte, und die wir im J. 1803 bekannt machten, gelang es uns, die wahre Beschaffenheit der vermeinten Bildung von Säure und Alkali darzulegen, und zu zeigen, dafs alle diese Erscheinungen von den vorerwähnten allgemeinen Gesetzen abhängig sind, nach welchen bei Entladung der Säule durch Flüssigkeiten die brennbaren Körper und Salzbasen um den — Pol, der Sauerstoff und die Säuren aber um den + Pol sich ansammeln. Davy wiederholte vier Jahre später diese Versuche mit gröfseren Apparaten, und bewies, dafs dieses Gesetz bis zu einem Grade gültig sei, wovon man bis dahin noch keine Ahnung gehabt hatte. Seine wirksamen Apparate schieden sogar die Kieselerde und das Natron aus dem Glase, worin er seine Versuche anstellte, so dafs sich deutliche Spuren von Natron am — Leiter zeigten; auch glückte es ihm, Körper zu zerlegen, die bis dahin unzerlegt geblieben waren, und indem er dadurch die gewagte Vermuthung des grofsen Lavoisier über die Natur der Alkalien bestätigte, zog er aus diesen Körpern, mit Hülfe der reducirenden Kraft der Elektricität, eine Reihe neuer, ungekannter metallartiger Körper, welche die erstaunens-

werthen Folgen von den Entdeckungen der Berührungs-Elektricität um ein Ansehnliches vermehrten.

De Luc erfand im J. 1804 die trockenen Säulen aus Silberpapier und Zink; Jäger erklärte die Theorie derselben, nach meinem Erachten, am wahrscheinlichsten; und die Erscheinung der unipolaren Leiter ist eine Entdeckung Ermans.

4. Erregung der Elektricität durch einen unbekannten chemischen Prozefs in den Wolken.

Gewisse Wolken bringen eine eigenthümliche Erscheinung hervor, welche wir Donner nennen. Diese Wolken zeigen von ihrer Entstehung an Merkmale von freier Elektricität; diese wächst aber zuweilen augenblicklich zu einem aufserordentlichen Grade elektrischer Ladung, entweder zwischen verschiedenen Wolkentheilen, oder zwischen ihnen und dem Erdboden, an, und entladet sich durch einen starken Funken, welcher zuweilen ungemein grofse Sprünge macht und das eigentliche Phänomen des Donners oder Donnerschlages ausmacht. Zuweilen, wenn die Wolken und der Erdboden eine schwache entgegengesetzte elektrische Ladung haben, entsteht keine so heftige Entladung, sondern die Elektricität setzt sich allmählich ins Gleichgewicht. Geschieht diefs in der Nacht, so sieht man erhabene spitzige Theile des Erdbodens mit gröfseren oder kleineren elektrischen Flammen leuchten, die man Elmsfeuer nennt; diese Körper blasen nämlich, vom Erdboden aus, den Wolken und der Luft eine entgegengesetzte Elektricität zu und stellen das Gleichgewicht her. Diese Erscheinung zeigt sich besonders oft zur See, und ist im Grofsen dasselbe, was die Flamme an spitzigen Körpern in der Nähe von grofsen Elektrisirmaschinen im Kleinen ist.

Die Ursachen von der Vertheilung der Elektricitäten in den Wolken sind uns völlig unbekannt; sie müssen sich aber auf einen chemischen Prozefs gründen und die Vertheilung mufs in einem einzigen Augenblick zur vol-

len Ladung anwachsen können, da eine und dieselbe Wolke oft schnell hinter einander fortblitzt, und aufserdem die Wolken, weil sie aus Wasserdünsten bestehen und folglich Leiter sind, eine langsam erregte Elektricität sehr bald ohne Funken ins Gleichgewicht bringen müfsten.

Geschieht der Schlag zwischen den Wolken und dem Erdboden, so sagt man, der Blitz oder Donner schlägt ein. Gewöhnlich trifft ein solcher Schlag irgend einen erhöhten Gegendstand, z. E. einen Baum, einen Thurm, ein Haus und dergl., und dieſs zwar um so leichter, je mehr der Gegenstand leitend und spitzig ist. Wenn man einen solchen Blitzschlag in einer geringen Entfernung beobachtet, so findet man am gewöhnlichsten, dafs ein elektrischer Funke im Zickzack aus dem Thurme oder Hause nach den Wolken emporfährt; bisweilen sieht man aber auch, dafs aus beiden Funken hervorbrechen und in der Luft einander begegnen. Schlägt der Blitz in die See, so liegt die Wolke tief und senkt sich kurz vor dem Ausbruche des Funkens noch tiefer, und dieser scheint nun von der Wolke auszugehen; das Wasser hebt sich ihm entgegen in Gestalt eines kleinen Kegels, und dadurch wird die Stelle, wo der Blitz einschlägt, mit kleinen Wogen umkreist.

Man hat versucht, Häuser und Gebäude durch sogenannte Blitzableiter vor dem Einschlagen zu sichern. Sie sind von zweierlei Art, spitzige und stumpfe; beide Arten bestehen aus einer Metallmasse, die in einer zusammenhängenden Strecke von den obersten Theilen der Gebäude bis einige Fufs tief unter die Erde fortläuft; die spitzigen Ableiter endigen sich oben in eine aufwärts stehende feine Spitze von Silber; die stumpfen hingegen mit einer Metallkugel.

Beide Arten haben ihre Vortheile und ihre Unbequemlichkeiten. Spitzige Ableiter sind dazu bestimmt, einer nahe über dem Hause weggehenden Gewitterwolke von der Erde aus allmählich entgegengesetzte E zuzuströmen, die freie E derselben dadurch zu sättigen und

ihrer Entladung zuvorzukommen. Diese Ansicht gründet sich auf die Meinung, dafs eine Donnerwolke eine lange Weile stark geladen sein könne, ohne sich zu entladen, und dafs man sie deshalb einem grofsen elektrisirten Leiter vergleichen könne, welcher über dem Hause und dem Blitzableiter hinziehe. Wir haben aber Grund zu vermuthen, dafs die aus einer Gewitterwolke hervorblitzende Elektricität in demselben Augenblicke (oder höchstens wenige Augenblicke vorher) frei wird, wo sie als Funke hervorbricht, und in diesem Falle kann der spitzige Ableiter ihr nicht schnell genug entgegengesetzte Elektricität zublasen, vielmehr wird er statt dessen den Schlag aus weiterer Entfernung anziehen, der aufserdem vielleicht zwischen den verschiedenen Wolkenschichten oder auf einer andern Stelle des Erdbodens sich entladen hätte. Spitzen haben daher den grofsen Fehler, dafs sie wirklich den Blitz, so zu sagen, zu sich herablocken; dagegen haben sie aber allerdings auch den Nutzen, dafs sie seine Heftigkeit vermindern und eine langsamere Entladung bewirken. — Stumpfe Blitzableiter haben die Bestimmung, den elektrischen Schlag in seiner ganzen Stärke aufzufangen, und müssen daher nach einem grofsen Maafsstabe angelegt werden, wenn sie nicht schmelzen, oder zu Beschädigungen der Gebäude durch Seitenschläge der Elektricität Anlafs geben sollen. Sie haben den Vortheil, dafs ein Blitz, der das Haus trifft, dieses in der Regel verschont und am Ableiter niederfährt.

5. Erregung der Elektricitäten durch einen eigenen organisch-chemischen Prozefs.

Einige Fische haben die sonderbare Eigenschaft, sich durch starke elektrische Schläge zu vertheidigen, wodurch Thiere, die sich ihnen nähern, gelähmt und mitunter getödtet werden können. Fische dieser Art sind der Zitteraal *(Gymnotus electricus)*, der Zitterrochen *(Raja Torpedo)*, der Zitterwels *(Silurus electricus)* und der *Trichiurus indicus*. Diese Fische besitzen

eigene Organe, womit sie augenblicklich einen unglaublich starken elektrischen Schlag hervorbringen können, so dafs ein Mensch es nicht gern wagt, einen grofsen und eben erst gefangenen Fisch der Art zu berühren. Diese Organe liegen mehr an der Oberfläche des Körpers und sind bei jeder dieser Fischarten anders gestaltet. Sie haben sehr starke Nerven, und wenn das Organ weggenommen, oder ein Nervenstrang, welcher zu demselben führt, abgeschnitten wird, so stirbt der Fisch zwar nicht sogleich, verliert aber seine ganze elektrische Kraft.

Diese Organe haben eine Art von zelliger Struktur und sind sehr reich an Blutgefäfsen, daher man sie, gleich nach Entdeckung der elektrischen Säule, mit dieser Vorrichtung verglichen hat. Allein allem Anscheine nach hat hier die Vertheilung der Elektricitäten einen ganz anderen Grund. Diese Fische sind an und für sich nicht elektrisch und zeigen am Elektrometer keine Spur von Elektricität; dieſs beweist aber, dafs sie sich in einem Augenblicke laden und entladen können, und dieſs beruht sogar einzig und allein auf ihrer Willkühr, da sie zu einer Zeit gar keinen Schlag, zu einer anderen aber äufserst heftige Stöfse geben, und diese alle zwei bis drei Sekunden wiederholen. Sie geben den Schlag im und aufserhalb des Wassers, doch nur bei unmittelbarer Berührung; denn der mindeste Zwischenraum von Luft oder Wasser verhindert den Schlag. Der Fisch mufs überdiefs in zwei Punkten berührt werden, wenn er einen Schlag geben soll, ungeachtet diese Punkte keine bestimmte Stelle einnehmen, und einander so nahe liegen können, dafs man sie beide auf einmal berühren kann, wenn man den Finger auf den Fisch drückt. Isolirt man sich und berührt den Fisch mittelst eines Metalls, so erhält man keinen Schlag, weil er sich durch das Metall entladet. Daher kann man einen solchen Fisch ohne alle Ungelegenheit handhaben, wenn man ihn auf eine metallene Schüssel legt, oder zwei Seiten desselben durch Metall in Verbindung bringt, weil dann alle Schläge, die der Fisch giebt, durch das Metall ausgeladen werden. Einige Male

will man bei diesen Schlägen elektrische Funken bemerkt haben. Bei einem gefangenen Fische nimmt die elektrische Kraft in dem Maafse ab, als seine Lebenskräfte sich vermindern.

Magnetismus.

Eine gewisse Art von Eisenerzen besitzt die Eigenschaft, mit mehr oder weniger Kraft Eisen anzuziehen und fest zu halten. Man nennt einen solchen Eisenstein einen Magnet. Seine Anziehungskraft äufsert sich nur auf eine geringe Entfernung und wird von andern Körpern, die zwischen ihm und dem Eisen sich befinden, in dem Falle unterbrochen, wenn ihre Dicke gröfser ist, als der Abstand, auf welchen sich die Wirksamkeit des Magnets erstreckt.

Eine grofse Menge von Körpern, welche Eisen in metallischer Gestalt oder in geringen Graden der Oxydation erhalten, werden von Magnet angezogen, und verschiedene Körper, die sonst nicht eisenhaltig sind, aber durch Bearbeitung mit eisernen Werkzeugen einen, wenn auch unmerklichen, Zusatz davon bekommen, erhalten dadurch die Eigenschaft dem Magnet zu folgen, wie z. B. gefeiltes Zink. Aufser dem Eisen werden auch metallisches Nickel, Kobalt, Mangan und Chrom vom Magnet angezogen, verlieren aber diese Eigenschaft durch Einmischung von Arsenik. — Um zu entdecken, ob ein Körper vom Magnet angezogen wird, braucht man ihn nur auf Quecksilber, oder auf Kork im Wasser schwimmen zu lassen, und ihm den Magnet immer mehr und mehr zu nähern, oder auch wohl den zu untersuchenden Körper selbst der Spitze einer empfindlichen Magnetnadel zu nähern.

Jeder Magnet hat zwei Punkte, in welchem sich sein Magnetismus am stärksten äufsert; sie heifsen die Pole des Magnets, und wenden sich, wenn man den Mag-

net an einem Faden aufhängt, der eine nach Norden, der andere nach Süden, daher sie den Namen Nordpol und Südpol erhalten haben. Hat man zwei Magnete auf diese Weise aufgehängt, so findet man, daſs ihre nach einerlei Weltgegend gerichteten Pole einander abstoſsen, die nach entgegengesetzter Richtung sich wendenden Pole hingegen einander anziehen. Zuweilen findet man natürliche Magnete mit drei bis vier Polen, was theils von der Gestalt des Steines, theils von seiner Zusammensetzung herrühren kann.

Wenn man an die Pole eines Magnets zwei Stückchen Eisen so befestiget, daſs sie ein wenig unter dem Magnet hervorragen; so äuſsert sich die magnetische Kraft durch diese Stückchen Eisen, wenn sie auf Einmal wirken können, weit stärker, als durch die unbelegten Pole. Einen solchen Magnet nennt man armirt. Gewöhnlich verbindet man diese Eisenstücken durch ein eisernes Stäbchen, das der Anker heiſst, an welches man nach und nach immer gröſsere Gewichte hängen kann, die der Magnet fest hält, dessen Kraft dadurch allmählich um ein bedeutendes verstärkt wird. Durch Wärme wird der Magnet schwächer, erhält aber seine Kraft durch's Erkalten wieder, durch Glühen wird sie gänzlich zerstört, so auch durch Pulvern, Oxydiren und Auflösen.

Man hat mehrere Vermuthungen über die Natur des Magnetismus. Wir werden ihn jedoch hier nur als einen polaren Zustand betrachten und zur Erleichterung des mündlichen und schriftlichen Ausdrucks den Nord M durch + M, den Süd M durch — M bezeichnen.

Wenn man ein Stück Eisen nach dem einen Pole des Magnets, z. B. dem + Pole, führt, so entsteht in diesem Eisen eine magnetische Polarität. — M sammelt sich in dem, vom Magnete berührten Ende, und + M in dem entfernteren Ende an, gerade so, wie es bei der Elektricität der Fall ist, wenn ein elektrischer Leiter in die Nähe eines elektrisirten Körpers gebracht wird. Man kann sich dieſs leicht durch folgenden Versuch versinnlichen. Wenn man zwei Zoll lange Stückchen Eisendrath

an freien Fäden neben einander aufhängt, und ihnen bis auf eine geringe Entfernung einen etwas kräftigen Magnet nähert, so werden sie sich von einander entfernen, so wie Fig. 16. Taf. I. zeigt, weil sie durch die Einwirkung des Magnets polarisch werden, und die gleichen M in den nach einer Richtung gewendeten Enden der Dräthe einander abstoſsen, so lange der Abstand des Magnets so groſs ist, daſs die Anziehungskraft desselben die Abstoſsungskraft der einander am nächsten liegenden Drathenden nicht überwindet. Bringt man den Magnet dann noch näher, so werden die — Enden der Dräthe von dem + Pole angezogen und nähern sich einander; die positiven Enden hingegen stoſsen einander zurück, wie in Fig. 15., weil die Abstoſsungskraft der — Enden durch den + Pol des Magnets überwunden wird, die + Enden der Dräthe aber dieselbe beibehalten. Noch ein Beispiel ist Taf. I. Fig. 17. dargestellt. a b ist ein Stückchen Eisendrath, welches an einem feinen Seidenfädchen hängt, und c d ein Stückchen Eisen, welches auf einem kleinen Gestelle so aufgestellt wird, daſs noch ein Abstand zwischen d und b bleibt. Nähert man nun dieser Vorrichtung bis auf einige Entfernung einen Magnet, wie durch e angedeutet ist, so werden d und b getrennt, weil der Pol des Magnets einerlei M in ihnen erregt, und diese einander abstoſsen. Nähert man aber den Magnet, wie in Fig. 18., von der Seite, so ziehen das Stückchen Eisen und der Drath einander an, weil nun durch die magnetische Polarität in a b das eine M in b sich ansammelt, und das andere M sich in d anhäuft, wodurch b und d nun einander anziehen müssen.

Diese Polarisation geht so weit, daſs, wenn a b Fig. 19. den + Pol eines Magnets vorstellt, und b c ein Stück Eisen, welches der Magnet für sich nicht völlig tragen kann, dieses Stück Eisen dann von ihm getragen wird, wenn man ein anderes Stück Eisen d e unter b c bringt. Es zertheilt nämlich dann das in c angehäufte + M den magnetischen Stoff in d e, wodurch (gerade so, wie durch zusammengestellte Plattenpaare in den elek-

trischen Säulen, die Elektricität stärker zertheilt wird) mehr + und — M in bc ausgeschieden, und sonach dem + Pole des Magnets, in dem Ende b des Eisens bc, mehr — M wirkend entgegengestellt wird. Nimmt man de hinweg, so hört die stärkere Zertheilung in bc wieder auf, und es fällt wieder vom Magnete ab. Auf diesen Umstand gründet sich die bekannte Erscheinung, dafs ein Magnet von einem Amboſse ein gröſseres Stück Eisen aufhebt, als von einem Tische.

Ein Magnet ist folglich ein Körper, dessen magnetischer Stoff sich in steter Vertheilung befindet, so dafs sich fortdauernd das + M in dem einen, und — M im anderen Pole ansammelt. Wird ein Stück Eisen von einem Magnet berührt, so wird es dadurch ebenfalls zum Magnet, so lange es nämlich in der Nähe des erstern ist und so in + und — M von einander getrennt bleibt. Entfernt man es wieder vom Magnete, so vereiniget sich sein + und — M wieder zu o M, oder zu dem nicht wahrnehmbaren magnetischen Stoffe, und das Stück Eisen verliert seinen Magnetismus wieder. Kann man es aber in eine solche Lage bringen, dafs sein + und — M stets gesondert bleiben, so ist es zum Magnete geworden, so gut wie der es war, der seine beiden M erst von einander trennte.

Reines Eisen kann seinen M nicht in vertheiltem Zustande behalten; wohl aber kann der Stahl, der eine Vereinigung von Eisen mit etwas Kohle ist, die magnetische Kraft leicht an sich halten, wenn er im magnetischen Zustande gerieben wird, und zwar am besten mit einem Magnete. Dieſs nennt man magnetiſiren und geschieht auf folgende Weise;

1) Durch den einfachen Strich. Man nimmt eine Stahlstange, setzt auf der Mitte derselben den + Pol eines Magnets auf, und streicht damit bis an das eine Ende der Stahlstange und noch ein Stück darüber hinaus; setzt dann den Magnet abermals in der Mitte der Stange auf, streicht nach derselben Richtung fort und wiederholt dieses Verfahren 40 bis 50 mal. Auf dieselbe

Weise behandelt man die andere Hälfte der Stahlstange mit dem — Pole des Magnets. Dabei mufs man aber wohl in Obacht nehmen, dafs man niemals von einem Ende nach der Mitte zurückstreicht, weil dadurch der Magnetismus zerstört wird. Dasjenige Ende der Stange, welches mit dem + Pole des Magnets bestrichen wird, empfängt — M, das mit dem — Pole bestrichene Ende aber + M.

2) Durch den Doppelstrich. Man bedient sich dazu ebenfalls einer Stahlstange, setzt auf ihre Mitte den Magnet mit beiden Polen auf und streicht damit langsam vor- und rückwärts von einem Ende zum andern. Will man mit Streichen inne halten, so zieht man den Magnet in der Mitte der Stange wieder ab, die nunmehr an demjenigen Ende, wo man den + Pol des Magnetes hinführte, — M, am andern Ende aber + M erhalten hat. Es versteht sich von selbst, dafs, wenn man die Pole des Magnets umwendet und das Bestreichen von neuem anfängt, die gleichen M einander nunmehr zurücktreiben, und dafs sich das M der Stange erst vermindert, dann ganz verschwindet, endlich von neuem zum Vorschein kommt, jedoch so, dafs das Ende, welches vorher + Pol war, nunmehr zum — Pole geworden ist.

3) Durch den Zirkelstrich oder, richtiger: Kreisstrich. Man legt vier Stahlstangen in ein Viereck zusammen, wie in Fig. 20. Taf. I. dargestellt ist, setzt den Magnet mit beiden Polen auf die eine Stange auf, und streicht, auf die vorher beschriebene Weise, von einem Stahle zum andern fort, mehrere Male ringsum.

Wenn man mehrere Magnetstäbe mit gleichnamigen Polen zusammenlegt und ihre Pole an jedem Ende mit weichem Eisen verbindet, so erhält man einen einzigen verstärkten Magnet oder eine sogenannte magnetische Batterie. Gewöhnlich fügt man zwei solche Batterieen in einem messingenen Futter zusammen, leitet weiches Eisen von den Polen der Stäbe aus dem Futter heraus, und bekommt so 2 Paar Pole, von welchen jedes Paar mit

seinem Anker verbunden wird. Wenn man nun durch diese Batterie eine verstärkte magnetische Polarität einem stählernen Stabe beibringen will, so verbindet man, nach Steinhäusers Vorschrift, die Enden desselben mit zwei ungleichnamigen Polen der Batterie, und fährt mit einem anderen Magnete von dem einen Ende des Stabes zum andern hin und her. Am besten gelingt dieses mit zwei Stäben, deren eines Ende man mit weichem Eisen verbunden hat. Die Batterie bestimmt sowohl die Quantität als die Qualität der Polarität; das Hin- und Herfahren mit dem andern Magnete dient nur, diese zu befestigen; es ist daher gleichgültig, welcher von den Polen des streichenden Magnets nach unten hin gewandt wird. Ehe man den gestrichenen Magnet von der Batterie wegnimmt, müssen die Pole beider durch ihre Anker verbunden werden, sonst verlieren sie von ihrer magnetischen Kraft.

Man bezeichnet sich die Nordpole mit einem Feilstriche, und legt diese künstlichen Magnete, damit ihre Kraft nicht abnehme, mit zwei und zwei ungleichen Polen so zusammen, dafs dazwischen gelegte kurze Eisenstückchen die entgegengesetzten Pole mit einander verbinden.

Es ist offenbar, dafs der Magnet bei diesen Vorgängen nichts von sich fahren läfst, da er blofs den natürlichen magnetischen Stoff des Stahles in seine Bestandtheile, + und — M, zertheilt. Der Magnet verliert deshalb dadurch nicht das Mindeste an Kraft, und magnetisirt stets auf dieselbe Weise, wie der Kuchen des Elektrophors dessen Deckel elektrisirt, nämlich nicht durch Mittheilung, sondern nur durch Vertheilung.

Auf diese Weise können auch metallisches Eisen und Nickel magnetisch werden. Das Eisen mufs aber stets mit einem geringen Antheile eines fremdartigen Stoffes vereiniget sein, entweder mit Kohle, wie im Stahle, oder mit Sauerstoff, wie im Magnetstein, und man hat gefunden, dafs geschmeidiges Eisen auch durch einen Gehalt an Schwefel oder Phosphor die Eigenschaft bekommt, die magnetische Kraft fest zu halten. Andere, weniger

bekannte kleine Umstände bewirken, daſs eine Art Stahl viel stärker magnetisch wird, als die andere.

Da die Eigenschaften eines Magnets darauf beruhen, daſs sein + und — M an seinen beiden Enden sich anhäuft, so muſs es in der Mitte desselben eine Stelle geben, wo beide M sich berühren, und wo sonach die magnetische Kraft im Gleichgewichte ist; diese Stelle nennt man den Culminationspunkt oder Aequator.

Selbst unsere Erdkugel ist ein Magnet, dessen — M sich auf irgend einer Stelle in der Nähe des Nordpols anhäuft, wogegen sich sein + M nach dem Bezirke des Südpols hinzieht. Daher rührt die Eigenschaft des Magnets, sich nach Norden und Süden zu wenden; denn weil das — M der Erde das + M des Magnets anzieht, so muſs dieser seinen + Pol nach Norden und den — Pol nach Süden kehren. Daher muſs auch die Erde auf Eisen und auf jeden Magnet dieselbe Kraft ausüben, die ein groſser Magnet auf Eisen und auf kleine Magnete ausübt, wenn sie in seinen Wirkungskreis kommen. Der Magnetismus der Erde ist inzwischen sehr schwach, so daſs er auf's Eisen ganz unmerklich und nur auf Magnete sichtbar einwirkt.

Hält man einen etwas kräftigen Magnet unter einen Teller oder ein Papier, worauf man Eisenfeilspähne gestreut hat, und klopft dann leise an den Teller, so daſs die Feilspähne eine durch den Magnet bestimmte Stellung annehmen können, so legen sie sich, wie Fig. 21. Taf. I. zeigt, nach den Polen zu gerade auf und nieder, richten sich in deren Nähe schief empor und laufen in der Mitte der Stange mit derselben parallel. Dasselbe geschieht, wenn man, wie in Fig. 23. dargestellt ist, über einer magnetisirten Stahlstange kleine Enden von magnetisirtem Stahldrath aufhängt. Diese kehren sich längs hin nach der Stange, laufen in der Mitte derselben mit ihr parallel, nehmen aber nach den Enden zu immer mehr und mehr eine schiefe Lage an, wobei sich ihr + Pol nach dem — Pol der Stange und ihr — Pol nach dem + Pole derselben herabneigt.

Etwas, dem völlig analoges, mufs auch beim Erdmagnetismus statt finden. Wenn man einen langen Stahlstift so aufhängt, dafs sich beide Enden desselben das Gleichgewicht halten, und ihn nachher magnetisirt; so nimmt sein Nordpol eine geneigte Stellung an, indem er gleichsam schwerer wird und nunmehr einen Winkel von 72 bis 73° mit der wagerechten Linie macht, die er vor dem Magnetisiren bildete. Bringt man einen solchen magnetischen Stift weiter nach Süden, so nimmt diese Neigung allmählich ab, und seine Stellung wird mitten auf der Erde wieder wagerecht, wie sie vor dem Magnetisiren war. Führt man ihn dann noch weiter nach dem Südpole zu, so fängt sein — Pol immer mehr und mehr an sich zu neigen; und könnte man einen solchen Stift bis an die beiden magnetischen Erdpole selbst bringen, so würde er hier lothrecht emporstehen, und zwar am Südpole mit seinem Nordpole, am Nordpole aber mit seinem Südpole aufwärts. Inzwischen treffen die magnetischen Erdpole mit den Umwälzungspolen derselben nicht genau zusammen, sondern fallen etwas seitwärts; der nördliche oder — M Pol liegt nämlich nordwärts von Amerika's östlichem Vorgebirge, der + M Pol hingegen in der Südsee ewigen Eisfeldern. Daher kann auch der Erdäquator, d. h. diejenige Ebene, welche die Erde zwischen beiden Polen in zwei gleiche Hälften theilt, nicht einerlei mit dem magnetischen Aequator, d. h. mit derjenigen Ebene sein, in welcher die Magnetnadel völlig wagerecht hängt.

Wenn z. B. auf Taf. I. Fig. 22. ABCD die Erde, und A und B ihre Pole vorstellen, so mufs CD ihr Aequator sein; und wenn a und b die magnetischen Pole sind, so mufs cd der magnetische Aequator sein, welcher folglich den Erdäquator nur in zwei Punkten berührt, und auf der einen Seite der Erdkugel, im Südmeere mehr nördlich, auf der anderen Seite, im Atlantischen Meere, aber mehr südlich als der Erdäquator fällt.

Das Werkzeug, womit man die Neigung des Magnets gegen den Horizont mifst, heifst ein Neigungs- oder Inclinations-Compafs *(Boussole d'inclinaison)*. Wenn

ein solches Werkzeug eine einigermafsen richtige Beobachtung zulassen soll, so mufs es in der Richtung der Magnetnadel aufgehängt werden. Hängt man es so auf, dafs seine Richtung einen rechten Winkel mit der Richtung des Magnets macht, so nimmt es eine perpendiculäre Stellung an.

Es ist klar, dafs, wenn man eine Eisenstange vollkommen in die Richtung und Neigung des Magnets bringt, in ihrem untern Ende eine kleine Menge + M, im oberen Ende aber etwas — M sich ansammeln mufs; wenn man daher ein längliches Stück weiches Eisen, z. B. einen Schlüssel, dem Nordpol einer Magnetnadel nähert, so wird dieser, so lange der Schlüssel eine horizontale Lage hat, nur angezogen. Stellt man den Schlüssel aber vertikal, so wird der Nordpol von dem oberen Ende angezogen und von dem unteren abgestofsen. Dieses läfst sich mit dem nämlichen Ende bewerkstelligen, je nachdem man eins oder das andere aufwärts oder niederwärts hält. Reiben befördert diese Vertheilung und befestiget gleichsam die getheilten + und — M, wie die Bereitung der künstlichen Magnete beweist. Reibt man daher eine in die Richtung des Magnets gebrachte Stahlstange mit einem andern Stücke Eisen, oder beklopft sie von oben nach unten schwach mit einem Hammer, so befördert und befestiget man die Zertheilung des magnetischen Stoffs und die Stange bleibt nachher magnetisch. Dieses Magnetisiren beruht also auf Reiben, unter Einfluss des Erdmagnetismus. Blofses Reiben kann zwar ebenfalls bisweilen magnetisiren, aber schwächer, und es kommt dabei immer viel darauf an, sowohl das reibende, als das geriebene Stück Eisen, in die richtige Lage zu bringen.

Die Eigenschaft des Magnets, sich nach Norden und Süden zu wenden, gab uns ein unentbehrliches Hülfsmittel für Seereisen, den Compafs. Dieser besteht aus einer magnetisirten Nadel von gutem Stahl, die in der Mitte mit einer kleinen Messinghülse versehen ist, auf welcher sie ruht. Sie kehrt sich stets nach Norden und Süden, und zeigt dadurch den Seefahrern die Himmels-

gegenden. Die beste Gestaltung einer Magnetnadel ist die Fig. 24. Taf. I. angegebene; nicht die gewöhnliche pfeilförmige. Den Nordpol kann man durch eine Farbe oder irgend ein anderes Merkmal bezeichnen. Diejenige Hälfte, welche — M erhalten soll, wird etwas schwerer gemacht, so dafs sie nach dem Magnetisiren mit der positiven im Gleichgewichte bleibt. Am besten magnetisirt man sie auf die Weise, dafs man zwei Magnetstangen mit den ungleichnamigen Polen so zusammenlegt, dafs sie gleichsam eine einzige bilden; auf den Vereinigungspunkt beider Stangen legt man nun den mittleren Theil der Nadel so auf, dafs jedes Ende derselben auf einer der beiden Stangen aufliegt, die man sodann, jede besonders, langsam unter der Nadel wegzieht. Wenn man dieses Verfahren einige Male wiederholt, so wird die Nadel so stark magnetisirt, als sie es überhaupt werden kann.

Da die magnetischen Erdpole nicht genau in Norden und Süden fallen, die Magnetnadel aber stets nur nach diesen magnetischen Polen hinweist; so kann sie auch niemals genau nach Norden weisen, und dieſs nennt man die Abweichung — die Declination — der Magnetnadel. Dieses Abweichen beruht aber nicht auf diesem Umstande allein; denn in diesem Falle würde sich dasselbe auf jeder beliebigen Stelle der Erdoberfläche sehr leicht bestimmen lassen. Vielmehr ist die Abweichung vielen und fast beständigen Veränderungen unterworfen. In Schweden z. B. zeigt die Magnetnadel mehrere Grade westlich, ungeachtet sie im Jahre 1666 richtig wies, und 1580 sogar mehrere Grade nach Osten abwich. Seitdem hat sie sich allmählich immer weiter nach Westen gewendet, geht aber jetzt seit August 1819 nach Osten zurück.

Aufserdem erleidet sie auch tägliche Veränderungen, so dafs sie des Morgens und Abends um 9 Uhr am wenigsten, und Nachmittags zwischen 3 und 5 Uhr am stärksten nach Westen zeigt. Die Ursache von diesen Veränderungen scheint zu sein, dafs, wenn die Sonne für den Meridian des magnetischen Pols aufgeht, die magnetische Kraft des letztern durch die Tageswärme vermindert wird

und sich mehr nach dem kälteren westlichen Theile des Erdbodens hinbegiebt, bis sie Nachmittags durch allmähliche Abkühlung nach und nach wieder an Stärke zunimmt, die sie auch dann die ganze Nacht hindurch unverändert beibehält. Deshalb ist die Magnetnadel auch einer kleinen Veränderung nach den Jahreszeiten unterworfen, indem sie im Sommer am wenigsten nach Westen abweicht.

Die allgemeine Abweichung der Magnetnadel ist so unregelmäfsig, dafs sie nicht durch Berechnung gefunden werden kann, sondern durch direkte Versuche ausgemittelt werden mufs; auch ist sie zuweilen, ohne Rücksicht auf die Lage der Pole, auf manchen Stellen des Erdbodens östlich, auf andern westlich — was nothwendig von einer stellenweise und unregelmäfsig vertheilten Ursache herrühren mufs.

Coulomb hat gezeigt, dafs alle Körper vom Magnete schwach afficirt werden, aber die feinsten Werkzeuge sind erforderlich, um es zu bemerken.

Hansteen hat eine magnetische Polarität aller Gegenstände auf der Oberfläche der Erde durch sehr sinnreiche Versuche bewiesen, indem er gefunden hat, dafs die Magnetnadel nahe an der Erde auf der nördlichen Seite z. B. eines Baums, eines Pfahls, eine gröfsere Anzahl Schwingungen in einer bestimmten Zeit macht, als auf der südlichen Seite desselben, dafs sie aber umgekehrt auf der südlichen Seite des oberen Endes des Pfahls oder des Baumes geschwinder schwingt, als auf der nördlichen, welches in diesen Gegenständen eine schwache magnetische Polarität anzeigt. Sie haben alle den Nordpol unten und den Südpol oben. Es ist folglich keinem Zweifel unterworfen, dafs nicht jeder Theil des Erdbodens an der allgemeinen Vertheilung des Magnetismus Antheil nehmen sollte; allein durch unsere magnetischen Versuche wissen wir, dafs dieselbe unendlich viele Male stärker in den Eisenerzen, dem Eisen und in eisenhaltigen Körpern ist, und die Erfahrung hat uns gelehrt, dafs dieses Metall in gröfserer oder geringerer Menge einen Bestandtheil der Körper unsers Erdbodens ausmacht. Eine noth-

nothwendige Folge davon ist, daſs die ungleiche Vertheilung dieses Metalls in der uralten inneren Masse des Erdbodens auch auf die Magnetnadel Einfluſs haben und die Abweichung derselben, vielleicht auch ihre Neigung, verändern müſste, je nachdem die Erde in gröſserer oder geringerer Entfernung nach Osten oder Westen zu, oder auch näher unter ihrer Oberfläche, reichhaltiger an diesem Metalle ist. Die jährlichen Veränderungen der Abweichung können von Veränderungen in der magnetischen Kraft der Erde herrühren, welche durch die in ihrem Innern fortwährend vor sich gehenden chemischen Prozesse verursacht werden. Hoffentlich wird mit der Zeit eine allgemeine und regelmäſsige Ursache von der langsamen Bewegung der magnetischen Pole um die Erdpole herum aufgefunden werden.

Hansteen hat eine neue Theorie über die magnetischen Erscheinungen der Erdkugel ausgearbeitet, und nach den scheinbar unregelmäſsigen Abweichungen der Magnetnadel berechnet, daſs die Erde vier verschiedene Pole, nämlich 2 in Norden und 2 in Süden, haben müsse, die alle beweglich sind, und zwar so, daſs dieselben, jeder mit seiner eigenthümlichen sehr langsamen Bewegung, einen Kreis um die Erdpole beschreiben. Ich muſs die Leser deshalb auf seine sinnreiche Arbeit selbst verweisen.

Man hat mehrere Versuche gemacht, um zu zeigen, daſs die magnetische Polarität chemische Wirkungen hervorbringt. Alle diejenigen, welche eine Zersetzung des Wassers dabei zu beobachten glaubten, sind irre geführt worden. Hansteen und Maschmann haben Silberauflösungen durch Quecksilber in heberförmigen Röhren reducirt, und haben dabei immer gefunden, daſs, wenn die Schenkel der Röhre in dem magnetischen Meridiane standen, das Silber im nördlichen Schenkel immer in gröſserer Menge und in vollkommener gebildeten Krystallen anschoſs, als im südlichen, wo es zugleich mit Quecksilbersalz vermischt war. Stellte man die Schenkel der Röhre nach O. und W., so gieng die Reduction weit langsamer,

und das reducirte Metall stand in beiden Schenkeln gleich hoch. Die nämlichen Wirkungen liefsen sich durch künstliche Magnete hervorbringen, wobei sie immer fanden, dafs sich das Silber in weit gröfserer Menge über dem Südpol des Magnets ausschied. Murray hat ähnliche Versuche angestellt, indem er Eisendräthe in schwache Silberauflösungen hineintauchte. So lange der Eisendrath nicht polarisch war, wurde kein Silber reducirt, sobald man aber einen Magnet in die Nachbarschaft legte, fand die Reduction sogleich statt. Vorher magnetisirter Stahl, sogar wenn er mit Firnifs überzogen war, bewirkte die Reduction sogleich. Murray fand sie aber am Nordpol des Magneten am stärksten, was gegen Hansteens und Maschmanns Erfahrung ist.

Lüdecke fand, dafs wenn man über die beiden Pole eines hufeisenförmigen Magnets ein gläsernes Gefäfs stellt, welches eine Auflösung von einem Salze, z. B. essigsaurem Blei, salzsaurem Ammoniak oder schwefelsaurem Eisenoxydul, enthält, die so concentrirt ist, dafs sie nach einigen Stunden zu krystallisiren anfängt, so findet man, nachdem das Salz krystallisirt hat, dafs die Krystalle einen reinen runden Fleck, zwischen den beiden Polen, wo die magnetische Kraft am stärksten wirkt, leer lassen, übrigens aber die ganze Fläche des Bodens gleichförmig bedecken.

Zusammenhang der elektrischen und magnetischen Kräfte. Elektromagnetismus.

Wir haben bisher die elektrischen und magnetischen Erscheinungen, als von verschiedenen Grundkräften hervorgebracht, betrachtet. Wir werden nun sehen, dafs sie nur verschiedene Aeufserungen der nämlichen Grundkraft sind.

Es war dem dänischen Naturforscher Oersted vorbehalten, diese Entdeckung im Jahre 1820 zu machen. Man hatte wohl Einfluſs der EE auf die Magnetnadel vor ihm beobachtet, aber die Umstände, unter welchen

sie hervorgebracht wurden, blieben unbekannt. Wilke hatte z. B. durch elektrische Schläge Stahlnadeln magnetisch gemacht. Mojon in Genua und Romagnesi in Trident hatten Wirkungen auf die Magnetnadel wahrgenommen, welche durch die el. Säule hervorgebracht waren; diese waren immer so unbestimmt, dafs sie keine Aufmerksamkeit erregten.

Oersted zeigte nun, dafs ein Körper, durch welchen die EE sich entladen, magnetisch wird und eine magnetische Polarität bekommt, die der Richtung des elektrischen Stroms rechtwinklicht ist, und zwar so, dafs, wenn die Magnetnadel sich über dem entladenden Körper befindet, der Nordpol links von der Richtung der +E abgelenkt wird, indem er sich unter dem Leiter in umgekehrter Ordnung rechts dreht. Alle Körper, welche die Eigenschaft haben, die EE zu leiten, können auf diese Weise magnetisch werden, so lange die EE sich durch sie entladen.

Die Entdeckung Oersteds wurde bald von einer grofsen Anzahl Gelehrten geprüft, bestätigt und erweitert. Ampère, Arago, Seebeck, Prechtl, Schweigger, Poggendorff u. m. haben wichtige Beiträge dazu geliefert.

Man hat nun gefunden, dafs, zur Hervorbringung der elektromagnetischen Erscheinungen, nur ein einziges elektrisches Paar, oder was man die einfache elektrische Kette nennt, nöthig ist. Die elektromagnetische Polarität wird also auch in dem Leiter hervorgebracht, durch welchen die elektricitäterregende Berührung der Metalle entsteht. Es folgt daraus, dafs die Berührung zweier Metalle mit einander nicht nur das Gleichgewicht der Elektricität, sondern auch das des Magnetismus aufhebt. Je gröfser das elektrische Paar ist, d. h. je gröfser die Quantität der EE ist, desto ausgezeichneter werden die magnetischen Erscheinungen. Die Anzahl der Paare, d. h. eine gröfsere Intensität des elektrischen Zustandes, vermehrt nicht die magnetische Polarität des entladenden Körpers. Vielmehr hat man beobachtet, dafs mehrere

zusammengesetzte Paare eine schwächere Wirkung hervorbrachten, als wenn ein einziges angewandt wurde. Die Ursache davon ist nicht, dafs die höhere Intensität hinderlich wirkt, sondern dafs die Dazwischenkunft mehrerer Schichten des feuchten Leiters die Wirkung der ganzen Menge EE nicht erlaubt.

Wenn man sich einmal der einfachen und das andere Mal der zusammengesetzten Kette bedient, so mufs man sich erinnern, dafs die Kupferseite der letzten negativ ist, weil hier Kupfer und Zink liegt, da hingegen diese bei der ersten positiv ist, wie man leicht einsieht.

Die Verschiedenheit in der Stellung der Magnetnadel, nachdem sie sich über oder unter dem magnetischen Leiter befindet, rührt von einer Eigenthümlichkeit in der elektrischen Polarität des elektrischen Leiters her, von der man eine richtige Vorstellung bekommt, wenn man annimmt, dafs die Oberfläche des Leiters mit einem Kreise von kleinen Magneten, die mit ungleichnamigen Polen zusammenliegen, transversal umgeben wäre, ungefähr wie Fig. 11. Taf. IV. diefs darstellt. Der Kreis A stellt den transversalen Durchschnitt eines Metalldraths vor, welcher die el. Säule entladet.

Stellt man sich nun vor, dafs eine, wie die Inclinations-Nadel aufgehängte, kleine Magnetnadel dem Leiter in einer transversalen Richtung genähert wird, so nimmt die Nadel gerade die Stellungen an, welche von den kleinen Magneten angezeigt werden, wobei aber die Pole der Magnetnadel, wie die Pfeiler in der Figur anzeigen, gegen die des Leiters umgekehrt sind, aus Ursachen, die man leicht einsehen kann. Dieser Kreis von kleinen Magneten ist aber nicht als eine wirkliche Erklärung anzusehen, sondern er ist nur als ein Schema zu betrachten, nach welchem man die Richtung der magnetischen Kräfte verstehen kann.

Ampère entdeckte, dafs Körper, welche die EE ausladen, wenn der elektrische Strom, d. h. z. B. die positive E, nach einerlei Richtung geht, einander anziehen, wie Magnete, welche mit ungleichnamigen Polen

einander genähert werden; im umgekehrten Fall aber stoſsen sie einander ab. Die Ursache davon wird durch Ansicht der auf der vierten Kupferplatte dargestellten Figur sogleich einleuchten. Wenn die EE in zwei neben einander liegenden Metalldräthen, wovon A und B transversale Durchschnitte vorstellen, einerlei Richtung haben, so haben die magnetischen Pole in nebenliegenden Seiten entgegengesetzte Richtungen, und ziehen daher einander mit ungleichnamigen Polen an. Bei umgekehrter Richtung der EE müssen sie daher einander mit gleichnamigen Polen abstoſsen.

Die so magnetisch gewordenen Dräthe ziehen Eisenfeile an, und behalten sie festsitzend, so lange die el. Entladung dauert, sie fallen aber plötzlich nieder, wenn diese abgebrochen wird.

Stahlnadeln, die in einer transversalen Richtung dem Leiter nahe gehalten werden, nehmen dadurch eine bleibende magnetische Polarität an, welche der Richtung der magnetischen Polarität des an dem Leiter angenommenen magnetischen Kreises entgegengesetzt ist.

Alle die durch Entladung der el. Säule hervorgebrachten elektromagnetischen Wirkungen lassen sich auch durch Frictions-Elektricität zuwege bringen. Da aber der beständige Strom von einer noch so groſsen Elektrisirmaschine nur eine unbedeutende Menge EE in jedem Augenblick hervorbringt, so wird er, bei einer fortfahrenden Ableitung, nicht leicht auf die Magnetnadel eine Wirkung hervorbringen können. Auch der el. Schlag setzt die Magnetnadel nicht in Bewegung, weil die Entladung ein so kleines Zeitmoment braucht, daſs die Trägheit der Nadel nicht Zeit hat, überwunden zu werden. Dagegen kann man durch jeden Funken, durch jeden el. Schlag, Stahlnadeln und Stahlstäbe magnetisiren, nach den nämlichen Gesetzen, welche bei der Entladung der Säule statt finden. Diese magnetische Polarität des el. Schlages erklärt Erscheinungen, die man schon lange gekannt hat, ohne die Ursache davon zu wissen; daſs z. B., wenn der Blitz in ein Schiff hineinschlägt, der Compaſs oft verän-

dert, sogar seine Pole umgekehrt werden, und wenn er nun auf verschiedene Stellen des Verdecks gestellt wird, zeigt er Nord nach verschiedenen Richtungen. Der Blitzschlag giebt nämlich allem Eisen im Schiffe eine magnetische Polarität, die sich nach der des Blitzes richtet und auf die Polarität der Magnetnadel einwirkt.

Ampère und Arago fanden, dafs, wenn man einen Metalldrath in Spiralform, d. h. in einer Schraubenlinie, dreht, und nachher durch diese Spirale die el. Entladung leitet, so bildet die Spirale einen Magnet, der dem gewöhnlichen künstlichen Magnet in allen seinen Eigenschaften vollkommen ähnelt. Er hat an jedem Ende einen Pol, und die Lage der + M und — M darin hängt, nach den oben angeführten Regeln, ganz von der Richtung der EE ab, daher ist in zwei Spiralen, bei einerlei Richtung der EE, die Polarität umgekehrt, wenn die eine rechts und die andere links gewunden ist, wie man dieses leicht einsehen kann. Zugleich werden die elektromagnetischen Erscheinungen in einer Spirale sehr verstärkt ausfallen, so dafs, was der gerade Leiter nicht vermochte, von der Spirale mit Leichtigkeit hervorgebracht wird. Legt man z. B. eine Stahlnadel in eine gläserne Röhre, und stellt diese Röhre in eine ausladende Spirale, so wird die Nadel magnetisch, und ihre Polarität wird mit der Anzahl der Windungen wachsen. An der Aufsenseite der Spirale wird die Nadel lange nicht die magnetische Polarität erreichen, wie im Innern derselben. Auch ist die Polarität, welche die Nadel auf der äufsern Seite bekommt, umgekehrt gegen die, welche sie an der innern erhält; alles aus Ursachen, die nach einem kurzen Nachdenken leicht zu errathen sind. Die Eigenschaft der Spirale, die elektromagnetischen Wirkungen zu verstärken, hängt davon ab, dafs die einander entgegengesetzten Theile jedes Gewindes die EE in entgegengesetzte Richtung führen, wodurch in der Mitte des Gewindes eine gleichnamige Polarität von allen Theilen her zusammenstöfst und concentrirt wird, wie es aus der kleinen Figur 13. Taf. IV. erhellet, wo A und B transversale

Durchschnitte des Drathes sind, und wobei z. B. die + E in A weggeht und in B zurückkehrt. Wenn nun die verstärkte Polarität von einem Gewinde sich zu der des 2ten, 3ten u. s. w. addirt, so sieht man leicht ein, wie die magnetische Polarität wachsen mufs. Die magnetische Kraft der Spirale ist gröfser, je nachdem die Anzahl der Gewinde in Verhältnifs zum Durchmesser jedes Gewindes gröfser ist.

De la Rive befestigte zwei kleine Scheiben von Zink und Kupfer neben einander an einem Stück Kork, und verband sie oberhalb des Korks mit einer Spirale von Messingdrath. Wenn er dann diese kleine Vorrichtung in eine saure Flüssigkeit, mit den Metallscheiben unterwärts, eintauchte, so stellte sie sich in den magnetischen Meridian, durch die magnetische Polarität der Spirale.

Schweigger und Poggendorff haben ein sehr interessantes Instrument erfunden, welches man den elektromagnetischen Multiplicator nennt, und durch welches man auch die geringsten Spuren von Contacts-Electricität auf die Magnetnadel bemerklich machen kann, wodurch es möglich wird, elektrische Wirkungen, die sonst unmerklich sind, zu entdecken und zu messen, oder wenigstens zu vergleichen. Man nimmt einen gewöhnlichen Messingdrath, läfst ihn mit Seide umspinnen, so dafs die EE sich nicht seitwärts mittheilen können, und windet ihn nun z. B. über die Hand 50, 100, 200 mal, je mehrere Windungen, desto besser. Die Gewinde werden in ihrer Lage zusammengehalten durch seidene Bänder und die beiden Enden frei gelassen. Man hat dann eine ovale Figur, in welcher die EE jedes Gewinde durchlaufen müssen, wenn man sich derselben bedient, um die elektrische Kette damit zu schliefsen, und wo jedes Gewinde seine Polarität zu der Polarität des andern addirt, so dafs die Polarität im ganzen Multiplicator der aller Gewinde gleich ist. Setzt man dann eine leicht bewegliche Magnetnadel, auf ein passendes Gestell, in die Mitte des ovalen Multiplicators, und verbindet nachher die bei-

den Enden desselben, jedes mit seinem Metall, so dreht sich die Magnetnadel augenblicklich so, dafs sie, nach einigen Schwingungen, mit der Ovale rechtwinklicht wird, von dessen magnetischer Achse die Einwirkung des Erdmagnetismus überwunden wird. Wenn der Multiplicator 60 bis 100 Gewinde hat, so kann man Wirkungen von Zink- und Kupferscheiben, deren Seiten nicht $\frac{1}{2}$ Zoll Länge haben und welche mit an der Zange befeuchtetem Löschpapier verbunden sind, auf die Magnetnadel hervorbringen. Man stellt dann den Multiplicator mit dem magnetischen Meridian parallel, und im Augenblicke, wenn die Kette geschlossen wird, dreht sich die Magnetnadel mehrere Grade östlich oder westlich.

Die platte oder die federförmige Spirale zeigt natürlicherweise nur unbedeutend verstärkte Wirkungen. Wenn man eine Stahlnadel queer darüber legt, ohne dafs sie jedoch die Spirale berühren kann, so wird diese Nadel auch polarisch, aber die Enden erhalten beide den nämlichen Pol, und die entsprechenden Pole liegen in der Mitte zusammen, wie folgende Linie zeigt + — + —, ganz wie wenn man eine Nadel zwischen den Gewinden einer Schraubenspirale magnetisiren wollte. Um die Ursache dazu einzusehen, ist nur ein Blick auf das oben angeführte Schema hinreichend.

Die merkwürdigste Entdeckung in diesem Fache nächst der Oerstedschen ist gewifs die von dem englischen Chemiker Faraday entdeckte elektromagnetische Bewegung. Er hat durch Versuche ausgemittelt, dafs die elektromagnetische Polarität davon abhängt, dafs sie in dem einen Pol des Magnets ein Streben hervorbringt, unaufhaltsam um den elektr. Strom rechts hin zu laufen, während dafs der andere, in umgekehrter Richtung, links sich zu bewegen strebt. Da also beide mit gleicher Kraft zu entgegengesetzten Punkten hinstreben, mufs die Achse der Polarisation der Nadel sich rechtwinklicht gegen den elektr. Strom stellen. Wenn der entladende Metalldrath, statt in horizontaler Richtung zwischen den Polen der Säule angebracht zu werden, von oben nach unten ge-

leitet wird, wo er sich endlich in einem mit Quecksilber gefüllten Gefäfs schliefst, in welchem ein zweiter Drath die EE zum andern Pol leitet, und wenn ein leichter Magnet, z. B. eine magnetische Nähnadel, am einen Ende mit Platinadrath so beschwert wird, dafs sie etwas ins Quecksilber hineinsinkt und eine verticale Stellung annimmt, während dafs er einen Pol aufwärts dreht, so fängt dieser Magnet an, sobald die Entladung der Säule durch den verticalen Drath geschieht, um diesen sich kreisförmig zu bewegen. Diese Bewegung fährt so lange fort, als noch eine elektr. Entladung statt findet. Kommt die +E von oben, und ist der aufwärts gerichtete Pol der Nadel Nordpol, so geht sie von der rechten zur linken Seite. Wird der Pol der Nadel oder die Richtung der Elektricität im entladenden Drath verändert, so kreist die Nadel von der linken zur rechten Seite hin. Ist der Magnet unbeweglich im Quecksilber befestigt, indem der Drath beweglich ist, so kreist dieser nach denselben Gesetzen rund um den Magnet. Man kann diese Erscheinung darstellen, wenn man am Ende eines horizontal gelegten, breiten oder platten Magnetstahls, ein kleines mit Quecksilber gefülltes Gefäfs von Glas oder Porzellan stellt, von welchem ein eiserner Drath zu einem Metalle der einfachen elektr. Kette geleitet wird, während dafs der Leiter vom andern Metalle sich mit einer Oehse, einige Zoll über dem Quecksilbergefäfs, endigt. In diese Oehse hängt man einen Platinadrath, welcher ins Quecksilber hineinreicht, der aber am untern Ende mit einem kleinen Stück Kork versehen ist, um das tiefere Eindringen in's Quecksilber zu verhüten. Sobald die elektr. Kette geschlossen ist, bewegt sich dieser Drath um den Polpunkt des Magnets, welcher nicht am äufsersten Ende des Stahls, sondern etwas nach innen zu gelegen ist. Diese Bewegung fährt fort, so lange die EE den Drath durchströmen. In diesem Versuche ist die Richtung der Bewegung des Drathes nicht ein Kreis um die polarische Achse des Magnets, sondern er geht in einer solchen Richtung um den Pol herum, dafs er diese Achse schneidet. — Um die

elektromagnetische Bewegung noch einfacher und leichter darzustellen, nimmt man eine 4 Zoll lange gläserne Röhre, welche einen halben Zoll im Durchmesser hat, und verstopft die beiden Enden mit Kork. Durch den einen Pfropfen wird ein eiserner Drath so geleitet, dafs er an beiden Seiten über dem Pfropfen einen Zoll hervorragt, worauf dieses Ende unterwärts gewandt und Quecksilber in die Röhre so hoch hineingegossen wird, dafs der Eisendrath nur mit der Spitze daraus hervorragt. Durch den obern Pfropfen wird ein Metalldrath gesteckt, welcher sich innerhalb der Röhre mit einer Oehse schliefst, auf welche ein Platinadrath, der bis ans Quecksilber reicht, gehängt wird. Verbindet man jetzt den unteren Drath mit dem einen Metall der elektr. Kette, und den obern mit dem andern, so entladen sich die EE durch die Verbindung zwischen dem Quecksilber und dem beweglichen Drath in der Röhre. Wenn man darauf den Pol eines Magnets gegen das äufsere Ende des unteren eisernen Draths setzt, so wird dieser polarisch und der im Innern der Röhre aufgehängte Drath fängt an um das Ende des Eisendraths sich kreisförmig zu bewegen. Vertauscht man die Pole des Magnets, so kehrt der Drath um und bewegt sich in entgegengesetzter Richtung. Es gelang Faraday durch passende Vorrichtungen den entladenden Drath durch den Einfluſs der magnetischen Polarität der Erde zu kreisförmigen Bewegungen zu bringen, wo er dann immer Kreise beschreibt, deren Planum gegen die Linie, durch welche die Neigung der Magnetnadel ausgedrückt wird, rechtwinklicht ist.

Zu den Versuchen mit der elektromagnetischen Bewegung braucht man eine kräftige Kette; man bedient sich daher am liebsten dazu eines sehr grofsen Paares, das nach Art des Hare'schen Calorimotors eingerichtet ist.

Auch wird die Bewegung der Dräthe erleichtert, wenn die Oberfläche des Quecksilbers mit etwas Salpetersäure befeuchtet wird, um die Oxydhaut fortzuschaffen, womit es oft überzogen ist, und welche die Rotation hindert. Man hat das Princip dieser Bewegung auf ver-

schiedene Art angewendet, deren Beschreibung indessen ganz innerhalb des Gebietes der Physik gehört.

Humphry Davy hat eine Bewegung entdeckt, die von der Elektricität allein hervorgebracht wird, auf welche indessen das Magnet einen grofsen Einfluſs äuſsert. Durch den Boden eines Glasgefäſses führte er in einer Entfernung von 3 Zoll von einander 2 Kupferdräthe von $\frac{1}{6}$ Zoll Durchmesser, die, auſser ihren sehr gut polirten Spitzen, ganz mit Wachs überzogen waren. Hierauf wurde Quecksilber in das Glas gegossen, so daſs es $\frac{1}{12}$ bis $\frac{1}{10}$ Zoll über den Enden der Dräthe stand. Wurde ein sehr grofses und kräftiges elektrisches Paar durch diese Dräthe entladen, so erhöhte sich das Quecksilber über den Enden der Dräthe und bildete Kegel von $\frac{1}{12}$ oder höchstens $\frac{1}{10}$ Zoll Höhe, von deren Spitze aus nach allen Richtungen Wellen flossen, so daſs nur der Punkt, wo sich diese begegneten, in Ruhe blieb. Wurde der Pol eines Magnets, in einem Abstande von einigen Zollen, über einen dieser Kegel geführt, so verkleinerte sich dieser, wurde breiter, und die Undulation nahm ab. Kam der Magnet noch näher, so wurde die Fläche des Quecksilbers eben, und es fing an um den Magnet zu rotiren, was in dem Grade an Schnelligkeit zunahm, je mehr der Magnet genähert wurde, und wurde der Magnetpol ganz nahe an die Oberfläche des Quecksilbers gebracht, so entstand auf derselben Stelle, wo der Kegel war, eine rotirende Vertiefung. Daſs diese Bewegung nicht durch die Erwärmung verursacht wurde, die durch die elektrische Entladung entstehen konnte, wurde durch besondere Versuche ausgemittelt. Als der Versuch mit geschmolzenem Zinn, statt des Quecksilbers, gemacht wurde, so zeigten sich dieselben Erscheinungen. So lange man den Magnet nicht anwendete, konnte keine Rotation bemerkt werden, und kleine Stücke Eisendraths, die um und auf den Kegel gelegt wurden, drehten sich stets rechtwinklicht gegen die Linie, welche beide Kupferdräthe verband, lagen übrigens unbeweglich, selbst auf der Spitze des Kegels. Da bei diesem Versuche die Bewegung über beiden Dräthen

dieselbe ist, so ist dieſs ein neuer Beweis für das Vorhandensein zweier Elektricitäten, wovon man, besonders in England, sich noch nicht überzeugt hatte.

Eine andere ähnliche Bewegung hat Herschel (Sohn) entdeckt. Auf den Boden einer Schaale gießt man reines, destillirtes Quecksilber, und darüber eine Flüssigkeit, in welche die Entladungsdräthe einer elektrischen Säule von mittelmäßiger Stärke eingeführt werden, jedoch so, daſs sie nicht das Quecksilber berühren. Hierbei kommt letzteres in eine rotirende Bewegung, deren Schnelligkeit und Richtung auf der Natur der Flüssigkeit, und zum Theil auf der Wirksamkeit der Säule, beruht. Ist die Flüssigkeit eine der stärkeren Säuren und zugleich concentrirt, so wird das Quecksilber mit der äußersten Schnelligkeit bewegt, und seine Richtung geht unter und zwischen den Dräthen vom negativen Pole zum positiven. Ist dagegen die Flüssigkeit ein Alkali, so bleibt das Quecksilber in Ruhe, wird aber dann ein elektropositives Metall, z. B. Kalium oder Zink, dem Quecksilber zugesetzt, so fängt es an, sich von der positiven Seite nach der negativen zu bewegen. Ein Milliontheil vom Gewichte des Quecksilbers Kalium und $\frac{1}{100000}$ Zink ist hinreichend, eine bemerkliche Wirkung hervorzubringen. Auch Zinn und Blei sind nicht ohne Wirkung. Hieraus geht auch hervor, daſs die geringste Einmengung eines dieser Metalle im Quecksilber seine Bewegung verhindert, wenn Säure gebraucht wird.

Oersted erklärt die elektromagnetischen Erscheinungen durch eine schraubenförmige Bewegung der beiden EE in entgegengesetzter Richtung. Die +E windet sich rechts und stößt den Nordpol der Nadel ab, indem die Windungen der — E links gehen und den Südpol der Nadel zurückstoſsen. Obgleich es in der That schwer ist, einzusehen, warum die EE ihren Weg so verlängern sollten, so muſs man doch gestehen, daſs Oersteds Hypothese sowohl die Richtungen erklärt, in welchen die elektromagnetische Polarität wirkt, als auch die Bewegungen, die dadurch hervorgebracht werden, und welche, als

Oersted diese Ansicht aufstellte, noch nicht entdeckt waren.

Die vollkommene Uebereinstimmung der magnetischen Polarität in der elektromagnetischen Spirale, mit der unserer gewöhnlichen Magnetstäbe, hat Ampère zu der Muthmafsung Anlafs gegeben, dafs die Polarität der letzteren auch von elektrischen Strömen, die mit der Polarisationsachse rechte Winkel machen, herrühren könnte. Auch die Polarität der Erde wäre nach dieser Ansicht eine Folge von dergleichen elektrischen Strömungen, welche, durch einen von den Strahlen der Sonne erregten elektr. Strom von Osten nach Westen, entstehen sollten. Natürlicherweise können solche Muthmafsungen, sie mögen noch so wahrscheinlich sein, nicht eher angenommen werden, als man gültige Beweise dafür gefunden hat.

Der magnetische Zustand eines, Elektricität entladenden, Leiters, hat uns in den Stand gesetzt, elektrische Ströme in Fällen zu entdecken, in denen man, ohne dieses Hülfsmittel, nie etwas von ihnen bemerkt haben würde. Seebeck entdeckte, mit Hülfe desselben, dafs in Metallen, welche sich an zwei, von einander entfernten, Stellen berühren, von denen die eine erhitzt wird, ein elektrischer Strom entstehe, welcher die Metalle mit vollkommen derselben Art Polarität, wie bei Entladung des elektrischen Paares, magnetisch macht. Um diese elektrischen Phänomene von einander unterscheiden zu können, nennen wir, nach Oersteds Vorschlag, die längst bekannten Hydro-elektrische, und die von Seebeck entdeckten Thermo-elektrische. Die einfachste Weise, thermoelektrische Erscheinungen hervorzubringen, ist, wenn man von Wismuth oder Antimon eine Stange, von z. B. 8 Zoll Länge und $\frac{3}{4}$ Zoll Dicke, gieſst, und dann die Enden mit einem möglichst dicken Messingdrathe umwindet, dessen Enden 4 bis 5 mal um die Enden der Stange gewunden werden, und dessen übriger Theil so gebogen wird, dafs das Ganze ein Rectangel bildet, wovon 3 Seiten vom Drathe und die 4te von der Stange gebildet wird. Uebrigens beruht nichts We-

sentliches auf der Form des Apparates. Wird nun das eine Ende der Stange an der Stelle erhitzt, wo sie mit dem Messingdrathe umwunden ist, so wird das ganze Rectangel magnetisch und stellt eine darunter gehaltene Magnetnadel fast rechtwinklicht auf die Direction des Metalles. Statt den Messingdrath um die Stange zu winden, kann man beim Gieſsen in jedes Ende der Stange das Ende eines Bügels von Messing- oder Kupferblech einschmelzen. — Die Metalle folgen, in den thermoelektrischen Versuchen, nach ganz andern elektrischen Beziehungen auf einander, als in den hydroelektrischen, bei welchen letzteren ihre chemischen Eigenschaften ihr Verhalten zu bestimmen scheint. Seebeck leitet dieſs davon ab, daſs in letzteren alle Phänomene durch die elektrische Beziehung des Metalles zur Flüssigkeit, die hier mitwirkend ist, bestimmt werden, wogegen die thermoelektrischen Phänomene einzig und allein von dem den Metallen eigenen elektrischen Verhalten herrühren. Indessen ist diese Erklärung nicht ganz hinreichend, da, bei den bekannten Versuchen mit der Contacts-Elektricität zwischen zwei Metallen, keine Flüssigkeit mitwirkend ist, es aber doch diese elektrische Beziehung ist, welche die hydroelektrische bestimmt. Bei den thermoelektrischen Versuchen scheint die verschiedene Leichtigkeit, mit der sich die Wärme nach beiden Seiten von der erwärmten Stelle aus mittheilt, die Hauptursache der elektrischmagnetischen Phänomene zu sein, und da verschiedene Metalle dabei stets auf eine bestimmte Art verschieden wirken, so müssen auch dadurch bestimmte Verschiedenheiten in der Richtung des elektrischen Stromes bei jedem einzelnen Metalle entstehen.

Stellt man die Metalle nach der verschiedenen Direction, welche sie der Magnetnadel in der thermoelektrischen Reihe geben, in einer Reihe auf, so bilden Wismuth und Antimon die beiden entgegengesetzten Enden, auf die Weise, daſs Wismuth mit allen Metallen, welche damit zu einer thermoelektrischen Kette verbunden werden, den Nordpol einer unter das Wismuth gestellten

Magnetnadel nach Westen dreht, während Antimon unter gleichen Umständen denselben nach Osten dreht. Wird die Magnetnadel darüber gestellt, so werden natürlicher Weise die Richtungen umgekehrt. In der thermoelektrischen Reihe folgen die gewöhnlicheren Metalle in folgender Ordnung auf einander:

Wismuth	Kupfer
Quecksilber, Nickel	Iridium, Osmium
Platin	Silber
Palladium	Zink
Kobalt, Mangan	(Graphit)
Zinn	Eisen
Blei	Arsenik
(Messing)	Tellur
Rhodium	Antimon.
Gold	

Diese Reihe ist so anzusehen, daſs ein jedes dieser Metalle mit denen, welche über ihm stehen, dem Nordpole einer Magnetnadel, die bei diesem thermoelektrischen Zustande unter dieselben gestellt wird, eine westliche, und mit denen, welche unter ihm stehen, eine östliche Abweichung geben.

Oersted und Fourier haben gezeigt, daſs wenn man zwei gebogene Metallstangen, z. B. von Antimon und Kupfer, an ihren Enden zu einem Rectangel, einer Ellipse oder einem Cirkel zusammenlöthet, und dann von mehreren gleich dicken, aber kurzen, wechselsweise zusammengelötheten Stangen von denselben Metallen eine ähnlich gebildete und gleich groſse Figur macht, beide gleich stark magnetisch werden, wenn bei ersterer die eine der Verbindungsstellen, und bei der anderen immer die zweite Löthung erwärmt wird. Hieraus scheint hervorzugehen, daſs die Anzahl der Paare auf die Zunahme der Stärke des elektrischen Stromes keinen Einfluſs habe; die magnetischen Phänomene werden aber um so schwächer, je weniger Vereinigungspunkte an der aus mehreren Abwechselungen bestehenden Figur erwärmt werden. Wenn man die eine Verbindung an einem thermoelek-

trischen Paare öffnet, und die getrennten Enden mit den Enden eines Multiplicators verbindet, so werden die elektromagnetischen Phänomene wenig bemerkbar darin, weil der darin erregte elektrische Strom eine zu geringe Intensität hat, um den langen und schmalen Drath des Multiplicators durchlaufen zu können; stellt man aber denselben Versuch mit dem Apparate an, der aus mehreren abwechselnd zusammengelötheten Metallstücken besteht, so wird die Polarität im Multiplicator um so stärker, je mehr Juncturen erhitzt, d. h. je mehr thermoelektrische Paare in Wirksamkeit gesetzt werden. Dieſs zeigt, daſs hier, ähnlich wie bei den hydroelektrischen Erscheinungen, die Anzahl der Paare die Menge der Elektricität nicht in demselben Verhältnisse vermehrt, wie die Intensität durch ihr Bestreben sich in Gleichgewicht zu setzen.

Zur Hervorbringung der thermoelektrischen Erscheinungen bedarf es selbst nicht einmal zweier verschiedener Metalle; die Bedingung zu ihrer Erregung kann von einem einzigen, durch stückweise vorhandene Ungleichheiten in seiner Textur und seinem Zusammenhang, erfüllt werden. Seebeck goſs Ringe von Antimon, von Wismuth und von Zink, bei deren Festwerden gewisse Theile schneller abgekühlt wurden, als andere, und dadurch eine dichte oder feinkörnige Textur erhielten, während dagegen der langsamer erkaltete Theil krystallinisch wurde. Wurden diese Ringe an irgend einem der Berührungspunkte der ungleich beschaffenen Theile erwärmt, so wurde der Ring magnetisch, wobei sich der körnige Theil gegen den krystallinischen wie ein fremdes Metall verhielt. Becquerel hat gezeigt, daſs wenn das eine Endstück des elektromagnetischen Multiplicators erhitzt, und während es noch glühend ist, mit dem kalten Ende berührt wird, eine in den Multiplicator gestellte Magnetnadel in Bewegung gesetzt wurde. Dieser Versuch glückt sehr leicht, und um so besser, je dicker der Drath des Multiplicators ist. Ist er dünn, so kann man die Enden zusammenbiegen oder zu einem dichten Spiral aufwickeln, um mehr Metallmasse zu gewinnen. Werden die Enden

des

des Multiplicators zusammengelöthet, oder geschieht die Erhitzung weit vom Contactspunkte, so werden keine magnetische Phänomene bemerkbar, berührt man aber dann den Drath in der Nähe der erhitzten Stelle mit einem gröſseren und kalten Stücke desselben Metalls, so sieht man aus der Bewegung der Magnetnadel, daſs ein elektrischer Strom entsteht. Dieſs beweist, besser als ein anderer Versuch, daſs die Bedingung zur Erregung des elektrischen Stromes nicht allein in Erhitzung eines Punktes, sondern auch darin besteht, daſs die Wärme auf der einen Seite dieses Punktes schneller abgeleitet wird und nicht gleichmäſsig nach beiden Seiten strömt, wodurch gleichbeschaffene elektrische Ströme in entgegengesetzter Richtung entstehen und einander aufheben würden. Diese Ungleichheiten in Ableitung der Wärme entstehen durch den groſsen Unterschied in der Temperatur, wenn das kalte Ende des Multiplicators das glühende trifft, oder wenn die eine Seite der erwärmten Stelle künstlich abgekühlt wird, wobei die Wärme schneller nach der kalten strömt. — v. Yelin erhitzte Metallstangen von 7 bis 8 Zoll Länge und $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{8}$ Zoll Dicke, von dem einen Ende nach der Mitte zu, und kühlte die andere Hälfte mit Eis ab. Die Stange wurde dadurch transversal polarisch, und der Nordpol der Magnetnadel wich unter dem warmen Theile nach Osten und unter dem kalten nach Westen. Wurde die Stange in der Mitte erhitzt und die Enden abgekühlt, so entstand eine ähnliche Polarität und durchaus so, als wenn zwei Stangen mit den erhitzten Enden an einander gelegt worden wären.

Auch Flüssigkeiten wirken in der thermoelektrischen Reihe. Seebeck hat gefunden, daſs concentrirte Säuren, z. B. Schwefelsäure, Salpetersäure und Salzsäure, ihre Stelle über dem Wismuth haben, dagegen die concentrirten, feuerfesten Alkalien, in entgegengesetzter Ordnung, unter dem Antimon. Durch Verdünnung mit Wasser rücken die Säuren mehr nach der Mitte der Reihe, wogegen die Alkalien nach der Verdünnung ihre Stelle behalten. Sowohl Wasser als liquides, d. h. in Wasser auf-

gelöstes, kaustisches Ammoniak fallen ungefähr mitten in die Reihe.

Die thermoelektrische Polarität bringt, ähnlich der hydroelektrischen, die rotirende Bewegung hervor. Cumming hat gezeigt, dafs ein Rectangel, dessen eine Hälfte aus Platindrath, die andere aus Silberdrath besteht, welche an den entgegengesetzten Ecken zusammengelöthet sind, und welcher, auf einem Pivot über dem Pol eines Magnets hängend, mittelst einer Lampe an der unteren zugelötheten Ecke erhitzt wird, anfängt um die Axe des Magnets zu rotiren, und damit so lange fortfährt, als die Lampe da ist. Macht man ein Kreuz von zwei solchen Rectangeln, welche gerade in dem Punkte aufgehängt werden, in dem sie sich schneiden, so geht die Rotation noch besser vor sich *). Marsh hing zwei solche Kreuze von Rectangeln mit ihren Stacheln auf die aufwärts gekehrten Pole eines Hufeisenmagnets auf, und stellte dann eine brennende Spirituslampe zwischen beide Schenkel. Die Kreuze fingen hierauf an zu rotiren und fuhren damit so lange fort, als die Lampe brannte. Die Ungleichheit in der Erwärmung wird hier dadurch bewirkt, dafs die eine Löthung in einer unteren Ecke des Rectangels ist und bei der Rotation dem Feuer am nächsten kommt, da dagegen die andere in einer oberen Ecke ist und der Flamme weniger nahe kommt.

Gleich wie in den hydroelektrischen Paaren eine weit gröfsere Quantität Elektricität mit einer viel geringeren Intensität, als bei den Erscheinungen der Frictions-Elektricität, wirkt, eben so scheint bei den thermoelektrischen Erscheinungen eine noch gröfsere Menge Elektricität, aber mit einer noch geringeren Intensität, als bei den hydroelektrischen, zu wirken, und wahrscheinlich ist diese geringe Intensität die Ursache, dafs man auf thermoelektri-

*) Um diese Rectangeln aufhängen zu können, macht man in die Mitte der nach unten gewendeten Seite eine Ausbiegung im Drathe, ungefähr so _____|‾|_____, in welcher der Pivot steht, welcher das Rectangel trägt.

schem Wege bis jetzt noch keine Art elektrochemischer Wirkung, selbst nicht auf diejenigen Körper hervorbringen konnte, welche sonst am leichtesten durch den Durchgang der Elektricität afficirt werden.

Es ist in diesem Augenblicke nicht möglich, alle die Resultate vorherzusehen, zu welchen diese unerwartete Entdeckung führen kann. Wir werden aber hoffentlich dadurch endlich den inneren Zusammenhang dieser Grundkräfte errathen.

Wägbare einfache Stoffe.

Einfache wägbare Materien sind solche, welche wir noch nicht in andere Bestandtheile zu zerlegen vermochten. Dieſs beweist jedoch noch nicht, daſs sie wirklich einfach sind; aber wenn sie aus einfacheren Grundmaterien zusammengesetzt sind, so sind diese uns wahrscheinlich unbekannt, und die Kräfte, auf denen ihre Verbindung beruht, zu groſs, als daſs sie durch irgend ein Mittel, das wir anwenden können, überwunden werden, und sie verhalten sich folglich, in Beziehung auf uns, wie einfache Körper. Ihre Anzahl ist sehr groſs, und beläuft sich gegenwärtig bis auf 51. Sie finden sich in und auf der äuſseren Rinde des Erdkörpers (die innere Beschaffenheit der Erde ist uns unbekannt) in sehr verschiedener Menge. Einige von ihnen machen die Hauptbestandtheile der Berge und der Erde aus, z. B. Sauerstoff, Kiesel, Kalium, Calcium, Aluminium, Kohle; andere dagegen kommen weniger allgemein vor, z. B. Kupfer, Silber, Gold, Platin; und noch andere trifft man so sparsam an, daſs es schwer hält sich davon hinreichende Mengen zur Untersuchung ihrer Eigenschaften zu verschaffen, z. B. Yttrium, Tantalum. Eine sehr beschränkte Anzahl von einfachen Körpern machen die Grundstoffe für die organische Natur aus, d. h. sind Bestandtheile der lebenden Körper, in welchen sie auf eine solche Art verbunden sind, daſs diese Art von

Verbindungen nur durch den, für uns vollkommen unbegreiflichen Einfluſs des Lebens gebildet werden können, und weshalb sie der Gegenstand einer ganz eignen chemischen Lehre sind. Die Beschreibung der einfachen Körper und ihrer Verbindungen zerfällt folglich in zwei bestimmt unterschiedene Theile, in die unorganische Chemie und in die organische Chemie. Da das Studium der letzteren ohne eine gründliche Kenntniſs der ersteren ganz unmöglich ist, so werde ich zuerst das Verhalten der wägbaren Körper in der unorganischen Natur, d. i. im Mineralreiche und bei den Versuchen, welche wir mit ihnen anstellen, oder in der Anwendung, welche wir davon machen, durchgehen.

Unorganische Chemie.

Bei Beschreibung der einfachen Körper ist es eine sehr groſse Erleichterung für das Gedächtniſs, sie, nach irgend einem Principe, in mehrere Klassen einzutheilen. Die Gründe für eine solche Eintheilung können mehrfach sein. Die Wahl beruht auf dem Endzwecke, den man beabsichtigt. Das Ziel, das ich hier suche, ist, dem Anfänger zur Eindringung in die Wissenschaft die gröſste Erleichterung zu verschaffen, und ihn, während er durch ihr Studium eine groſse Anzahl von Thatsachen einsammelt, endlich zur Kenntniſs ihres wissenschaftlichen Zusammenhanges zu leiten.

Wir haben in dem Vorhergehenden gesehen, daſs bei Entladung der elektr. Säule durch flüssige Körper gewisse Körper sich gewöhnlich an dem positiven Pole, und andere an dem negativen ansammeln. Der Sauerstoff geht immer und ohne Ausnahme zu dem positiven, und Kalium immer und ohne Ausnahme zu dem negativen Pole. Dieſs giebt uns eine Art an, die Körper zwischen diesen beiden Extremen zu ordnen, je nachdem sie bei Zersetzung ihrer Verbindungen häufiger zu dem einen als zu dem andern Pole gehen, und wodurch eine Reihe zwischen Sauerstoff und

Kalium entsteht, in welcher die Körper der einen Hälfte, elektronegative Körper, d. h. solche, welche vorzugsweise zu dem positiven Pole, und die der andern Hälfte elektropositive, d. h. solche, welche vorzugsweise zu dem negativen Pole gehen, genannt werden können; und diese Reihe bildet, richtig aufgestellt, die Basis für die Chemie, als ein wissenschaftliches System von Thatsachen und deren Ursachen. Aber diese Ordnung ist keineswegs diejenige, nach welcher die Körper am leichtesten zu studiren sind. Man begreift sie erst richtig, nachdem man die Körper kennen gelernt hat. Ich werde deshalb der ausführlicheren Entwickelung der elektrisch-chemischen Ideen erst am Ende der unorganischen Chemie eine Stelle einräumen, nachdem ich nämlich voraussetzen kann, dafs sich der Leser eine hinlängliche Bekanntschaft mit den Eigenschaften der Körper erworben habe.

Gewisse Körper kommen so allgemein vor, und sind mit so wirksamen Verwandtschaften begabt, dafs wir uns ihrer vorzugsweise bei unsern Versuchen, die übrigen zu studiren, bedienen. Die Kenntnifs derselben macht die erste Möglichkeit, in der Wissenschaft weiter zu kommen, aus. Sie wären also diejenigen, welche zuerst abgehandelt werden müfsten; wollte man aber die Körper in der Ordnung aufstellen, nach welcher sie oft in Anwendung bei unsern Versuchen kommen, und auf die Weise, wie es die älteren Chemiker thaten, ehe noch die Wissenschaft die höhere Ausbildung erlangt hatte, welche sie jetzt hat, so würde nun hierdurch leicht eine Verwirrung in den Begriffen des Lernenden verursacht werden können. Es ist deshalb nothwendig, im Ganzen einer wissenschaftlichen Ordnung unter den Körpern zu folgen, sie aber bisweilen aufzuopfern, um eine gröfsere Leichtigkeit für den Lernenden zu gewinnen.

Unter den einfachen Körpern zeichnet sich ein Theil durch eigene, bestimmte äufsere Charaktere aus, und wir nennen sie Metalle, andere dagegen haben sie nicht, und sind nicht metallische. Nach dieser Verschiedenheit hat

man die Körper in nicht metallische, die ich mit einem Worte, Metalloïde, nennen werde, und in Metalle eingetheilt. Diese Eintheilung, die ich hier zu befolgen gedenke, steht in einigem Zusammenhang mit den chemischen und elektrisch-chemischen Eigenschaften der Körper, denn alle Metalloïde gehören zu denjenigen, welche theils für sich selbst, theils in Verbindung mit Sauerstoff, vorzüglich zum positiven Pole gehen und folglich elektronegativ sind. Indefs sind auch unter denen, welche zu den Metallen gerechnet werden, eine Menge ähnlicher, und versucht man die Gränzen zwischen den Klassen zu bestimmen, so findet man, dafs die Körper, hinsichtlich ihrer Eigenschaften, von der einen Klasse zu der andern übergehen, und zwar mit so kleinen Abstufungen, dafs gewisse Körper mit gleichem Recht zu der einen wie zu der andern Klasse gebracht werden können.

Metalloïde, oder nicht metallische Körper.

Die allgemeinen Charaktere dieser Körper, wodurch sie sich von den Metallen unterscheiden, sind im Allgemeinen das Unvermögen, die Elektricität und die Wärme zu leiten, verbunden mit einem geringern spec. Gewicht, welches das des Wassers nicht um dreimal übersteigt. Es sind ihrer eilf:

Sauerstoff	Jod
Wasserstoff	Fluor
Stickstoff	Kohle
Schwefel	Bor
Phosphor	Kiesel.
Chlor	

Unter diesen Stoffen zeichnen sich die drei erstern dadurch aus, dafs sie in Ermangelung hinreichender Cohäsionskraft an und für sich nicht anders als in Gasgestalt, und daher nur vermöge ihrer Vereinigungs-Verwandtschaft zu andern Körpern, und nur in Verbindung mit diesen,

in flüssiger oder fester Gestalt dargestellt werden können. Wegen ihrer Schwerkraft werden sie fortwährend von der Erdmasse angezogen, erhalten sich aber über ihrer Oberfläche in steter Gasgestalt, so lange sie frei und ungebunden sind. Dasselbe gilt von allen anderen wirklich permanenten Gasarten. Diese Körper würden, wenn sie keine Schwerkraft besäfsen, d. h. von der Erdmasse nicht angezogen würden, sich für unsere Wahrnehmung ganz so, wie der gebundene Wärmestoff verhalten.

Wir würden nämlich ihre Wirkungen sehen; wenn wir aber ihren Zutritt zu andern Körpern nicht durch die Gewichtszunahme der letztern auf der Wage auszumitteln vermöchten: so würden wir, wie es vorhin geschah, ehe wir sie noch hinreichend kannten, und wie es noch jetzt mit dem Wärmestoff der Fall ist, ihre Anwesenheit bloſs als eine Formveränderung derjenigen Körper betrachten, mit welchen sie sich vereinigen. Hätten die Basen dieser beständigen Gasarten eine gröſsere Schwerkraft, oder befänden sie sich auf einem Planeten, welcher eine vielfach gröſsere Anziehungskraft als unsere Erde besäfse, so würde vielleicht ihre Schwere den Mangel an hinlänglicher Zusammenhangs-Verwandtschaft (Cohäsionskraft) ersetzen, und sie würden sich dann in fester oder flüssiger Gestalt zusammenhalten können.

In Ansehung ihres chemischen Verhaltens theilt man die Metalloïde in Sauerstoff und in brennbare Körper, die sich mit dem Sauerstoff vereinigen können, wobei die meisten das gewöhnliche Verbrennungs-Phänomen, das Feuer, hervorbringen.

Einige theilen die Körper in brennbare und in verbrennende ein, zu welchen letzteren dann, aufser dem Sauerstoffe, mehrere andere, z. B. Chlor, Jod, Schwefel, gerechnet werden. Die Eintheilung ist jedoch in sofern nicht passend, als die meisten Körper abwechselnd das eine und das andere sein können. Wenn z. B. Schwefel in Sauerstoffgas brennt, so ist der Schwefel ein brennbarer Körper, verbrennt aber Kupfer oder Eisen im Schwefelgase, so ist der Schwefel der verbrennende Körper.

Die Anzahl der Metalloïde ist so beschränkt, dafs Unterabtheilungen von ihnen von wenigem oder keinem Nutzen sind. Ich darf jedoch hier nicht zu erwähnen vergessen, dafs sie, nach gemeinschaftlichen Eigenschaften, wirklich in 3 Klassen zerfallen, nämlich:

1) in beständig gasförmige *(Gazolytä)*: Sauerstoff, Wasserstoff und Stickstoff;

2) in eigentliche Metalloïde: Schwefel, Phosphor, Kohle, Bor und Kiesel; und

3) in salzbildende *(Halogenia)*: Chlor, Fluor und Jod.

1. Sauerstoff.

Der Sauerstoff kann für sich allein nicht in fester oder flüssiger Gestalt, sondern nur in Gasform dargestellt werden. Er findet sich gasförmig in der Atmosphäre enthalten, von welcher er etwas mehr als $\frac{1}{5}$tel ausmacht, und geht als Bestandtheil in die meisten unorganischen Zusammensetzungen, so wie in alle organische Körper ein. Dieser merkwürdige Stoff wurde im J. 1774 zu gleicher Zeit von Scheele und von dem Engländer Priestley entdeckt, und von hier an datirt sich auch die Geburt einer verbesserten Theorie der Chemie.

Um das Sauerstoffgas rein und frei von allen bedeutenden Beimengungen anderer Stoffe zu erhalten, pflegt man es gewöhnlich aus seinen Verbindungen mit verschiedenen Metallen durch Glühen auszuscheiden.

1) Man legt in eine kleine Glasretorte 100 Gran (etwas weniger als $\frac{1}{2}$ Loth) rothes oxydirtes Quecksilber, welches man in den Apotheken unter dem Namen *Hydrargyrum praecipitatum rubrum* erhält, und setzt an die Oeffnung der Retorte ein gekrümmtes Glasrohr an, wie Fig. 1. Taf. II. zeigt. Dieses kann mit Werg oder Kork eingekittet und dann mit etwas feuchter Blase umwickelt werden. Das Glasrohr wird in eine Schaale mit Wasser geleitet, in welches man eine, ebenfalls mit Wasser gefüllte Flasche (Fig. 2.) umgestürzt hineinstellt, die von

einem, mit einem Ausschnitte versehenen Brettchen (Fig. 3.), welches man über die Schaale legt, festgehalten wird. Die Retorte wird nun über ein Becken mit glühenden Kohlen gelegt, jedoch so, dafs die Glut das Glas nicht erreichen kann, weil es sonst springen würde. So wie die Retorte erwärmt wird, dehnt sich die in ihr eingeschlossene atmosphärische Luft aus und entweicht durch das Glasrohr. Wenn diese Luft durch das Wasser durchgeht, sammelt sie sich in der Flasche, und das Wasser senkt sich in dieser herab, so wie dessen Stelle durch Luft aus der Retorte ersetzt wird. Sobald man soviel oder etwas mehr Luft in der Flasche hat, als in der Retorte Platz haben konnte, wird jene abgenommen, von neuem mit Wasser gefüllt, und wieder wie vorher über die Oeffnung der Glasröhre gestürzt. Das Gas, welches nunmehr übergeht, ist einigermafsen reines und von der Luft der Retorte ziemlich befreites Sauerstoffgas. Die Hitze unter der Retorte wird dann um etwas weniges vermehrt, bis der Boden derselben zu glühen anfängt, wobei sich das Sauerstoffgas ziemlich schnell entwickelt. Das vorher rothe Quecksilberoxyd wird dabei allmählig mehr und mehr schwarz, und in dem Verhältnisse, wie das Sauerstoffgas in die Flasche übergeht, setzen sich im Retortenhalse Quecksilbertropfen ab, die sich nach und nach zu gröfseren Kugeln sammeln und durch das Rohr in die Schaale fallen. Zuletzt wird die Retorte leer und der Versuch ist geschlossen. — Sammelt man genau alles Quecksilber zusammen, welches sich in der Schaale findet und im Retortenhalse sitzen geblieben ist, so erhält man 92 Gran metallisches Quecksilber, also 8 Gran weniger, als das rothe Pulver wog, aus welchem das Sauerstoffgas entwikkelt wurde. Das Sauerstoffgas hat sich in der Flasche angesammelt, doch bleibt ein kleiner Theil davon in der Retorte zurück, den man nicht anders messen kann, als dafs man das Glasrohr mit einem gut passenden Korke verschliefst, sobald keine Gasblase mehr herauskommt, und dann die Retorte langsam über dem Feuer abkühlen läfst, ohne das verkorkte Rohr aus dem Wasser herauszuneh-

men. Ist die Retorte völlig abgekühlt, so nimmt man den Kork heraus, wo dann das Wasser in die Retorte eindringt und den Raum ausfüllt, welchen das Sauerstoffgas bei dieser Temperatur weniger einnimmt, als bei der Glühhitze, wo das Rohr der Retorte verschlossen wurde. Man kann die Retorte, den Boden zu oberst, umkehren, und mit einer Feile auf zwei Seiten den Raum bezeichnen, welchen das Gas einnimmt. Wendet man die Retorte dann wieder um und füllt sie bis an die gemachten Marken mit Wasser, so kann man alsdann dieses messen und das Volumen des in der Retorte zurückgebliebenen Sauerstoffgases wissen. Man hat bei diesem Versuche, mit Hinzurechnung des Rückstandes in der Retorte, ungefähr 16 Kubikzoll Sauerstoffgas erhalten; denn jeder Kubikzoll desselben wiegt bei der gewöhnlichen Sommerwärme ungefähr $\frac{1}{2}$ Gran, oder etwas weniger. Das rothe Pulver bestand sonach aus 92 Theilen Quecksilber und 8 Theilen Sauerstoff.

2) Auf eine weit weniger kostspielige Weise wird das Sauerstoffgas aus schwarzem oxydirtem Mangan gewonnen, einem Minerale, welches unter dem Namen Braunstein im Handel vorkommt. Man bringt in eine (wie Fig. 4 a. Taf. II. gestaltete) eiserne Retorte, welche ungefähr ein Pfund fassen kann, so viel fein gestofsenen Braunstein, dafs dieselbe etwa bis zu $\frac{2}{3}$ gefüllt wird, verschliefst sie hierauf mit einem eingeschliffenen, der Länge nach durchbohrten Eisenpfropf (Fig. 4 b.), der mit etwas angefeuchtetem Thon bestrichen und so in den Retortenhals hineingetrieben wird, dafs er sie luftdicht verschliefst. In das schmälere, röhrförmige Ende des Pfropfes wird ein Glasrohr eingekittet, welches so gekrümmt ist, dafs es, wie im vorigen Versuche, in eine gröfsere Schaale mit Wasser geleitet und das Gas auf gleiche Weise in gröfseren Flaschen aufgefangen werden kann. Da man aber bei dieser Vorrichtung mehrere Quart Gas erhält, so ist es bequemer, dasselbe in einem gröfseren Gasbehälter von Blech aufzufangen, den ich im dritten Theile dieses Lehrbuchs, unter dem Artikel Gazometer, besonders be-

schreiben werde. Die Eisenretorte wird nun in einen kleinen Ofen, der aus vier Ziegelsteinen zusammengesetzt und nachher geheizt wird, eingelegt, das Glasrohr aber nicht gleich eingekittet. Erst fängt das Wasser an sich in Dämpfen abzusondern, die bisweilen nach Salpetersäure riechen; dann kommt eine Luftart, welche das Feuer auslöscht, nämlich Stickstoffgas, und so lange Wasserdämpfe und diese Luftart entweichen, wird kein Gas aufgefangen. Sobald man aber bemerkt, dafs ein ausgeblasenes, aber noch glimmendes Schwefelhölzchen, welches man an das Rohr der Retorte bringt, nicht mehr verlöscht, sondern im Gegentheil sich entzündet und mit ungewöhnlichem Glanze brennt, so wird die Glasröhre eingesetzt, die vorher mit Werg und feuchtem Thon umschlagen und gehörig eingepafst werden mufs, — und das Gas wie im vorigen Versuche aufgefangen. Man erhält dabei, je nachdem alle Fugen mehr oder weniger luftdicht verkittet sind, aus einem Pfunde Braunstein dem Raume nach 12 bis 16 Quart Sauerstoffgas, wovon jedoch das zuerst und zuletzt übergegangene nicht recht rein ist und besonders aufbewahrt werden mufs. Von dem dichten Schliefsen der Fugen kann man sich überzeugen, wenn man mit einem glühenden Spahne rings herum fährt, wo dann dieser an solchen Stellen, wo Sauerstoffgas herausdringt, zu brennen, oder doch mit lebhafterem Glanze zu glimmen anfängt.

In Ermangelung einer Eisenretorte kann man auch Sauerstoffgas aus Braunstein entwickeln, wenn man einen wohl vernagelten Flintenlauf zur Hälfte damit anfüllt, und diese Hälfte dann glühet. In die Mündung des Laufs kann man ein Glasrohr einkitten oder durch Kork befestigen, durch welches man das Gas in mit Wasser gefüllte Flaschen leitet. — Oder man kann auch den Braunstein in einer Glasretorte, wie die im ersten Versuche, mit concentrirter Schwefelsäure übergiefsen. Beim Erhitzen der Retorte kommt die Masse bald in's Kochen, und es wird Sauerstoffgas in grofser Menge entwickelt. Statt des Braunsteins kann man auch Salpeter in den Flinten-

lauf einlegen; dabei muſs man aber beachten, daſs das erste Gas, welches gleich nach dem Austreiben der im Rohre eingeschlossenen atmosphärischen Luft übergeht, das reinste ist, das nachher entwickelte aber mehr und mehr von Stickgas verunreiniget ist, endlich aber fast bloſses Stickgas noch entwickelt wird.

Bei allen diesen Versuchen mit dem Mangansuperoxyde wird das Mangan von einem Theile seines Sauerstoffs geschieden, der Gasgestalt annimmt und entweicht; dabei bleibt ein in geringerem Grade oxydirtes Mangan zurück, welches sich durch Hitze weiter nicht zerlegen läſst. Zu dem Versuche mit Schwefelsäure und Braunstein ist ein geringerer Hitzgrad erforderlich, weil die Vereinigungs-Verwandtschaft der Schwefelsäure zu diesem, in geringerem Grade oxydirten Braunstein, das Entweichen des überflüssigen Sauerstoffes erleichtert. Man hat geglaubt, daſs ein gebranntes Manganoxyd in der Luft seinen Sauerstoff wieder annehmen und dann zu demselben Behuf wieder angewendet werden könne; dieſs ist aber unrichtig.

3) Man lege in eine groſse Flasche frische Blätter von irgend einer Pflanze, besonders von saftreichen, z. B. von der *Agave americana*, Hauslauch und dergl. — so viele als darin Platz haben, übergieſse sie dann mit Quellwasser, so daſs die Flasche ganz voll wird, verkorke sie und stecke ein Glasrohr durch den Kork, welches so umgebogen ist, daſs man mittelst desselben das Gas wie in den vorhergehenden Versuchen auffangen kann. (Fig. 5. Taf. II.) Stellt man diesen Apparat in das Sonnenlicht, so fangen die Blätter an, sich mit kleinen Luftbläschen zu überziehen, die sich dann losreiſsen, im Wasser emporsteigen und durch das Rohr entweichen. Diese Blasen können dann auf die gewöhnliche Weise aufgefangen werden, und bestehen aus ziemlich reinem Sauerstoffgase, welches dadurch erzeugt wird, daſs in den noch lebendigen Blättern, durch Einwirkung der Sonnenstrahlen, ein lebhafterer Vegetations-Prozeſs erregt wird, wobei sie die in dem Wasser enthaltene Kohlensäure zersetzen, in-

dem sie sich mit dem Kohlenstoffe derselben verbinden und den Sauerstoff in Gasgestalt entbinden. In reinem Wasser wird kein Sauerstoffgas entwickelt. Ich werde in der vegetabilischen Chemie auf diese Erscheinung zurückkommen.

Aufserdem kann man auch Sauerstoff aus concentrirter Salpetersäure, die man in die Sonne stellt, ferner durch Glühen der meisten salpetersauren Salze, aus chlorsauren Salzen und aus Metalloxyden, z. B. aus Mennige oder rothem Bleioxyde, erhalten. Das beste von allen aber ist, das Sauerstoffgas aus dem chlorsauren Kali, in einer Glasretorte ganz auf dieselbe Weise zu bereiten, die ich oben bei der Gewinnung des Sauerstoffgases aus Quecksilberoxyd beschrieben habe. Dieses Salz giebt 39 Prozent seines Gewichts Sauerstoffgas und zwar ohne Beimengung eines fremden Stoffes. Nur die atmosphärische Luft der Retorte kann das Gas einigermafsen verunreinigen; doch kann man auch diese gröfstentheils entfernen, wenn man nach dem Einlegen des Salzes ein wenig Wasser zugiefst, welches, ehe noch die Zerlegung des Salzes vor sich geht, Gasgestalt annimmt, und die Luft austreibt. Dabei mufs man jedoch die Retorte so aufstellen, dafs sie kein Luftzug treffen und abkühlen kann; auch mufs man Acht geben, dafs das Feuer sich nicht vermindere; denn wenn das Wassergas auf irgend einer Stelle bis unter + 100° abgekühlt wird, ehe noch die Entwickelung des Sauerstoffgases begonnen hat, so entsteht ein luftleerer Raum, und das Quecksilber oder Wasser, worüber das Gas aufgefangen werden sollte, tritt in die Retorte zurück und schadet dem Versuche. Will man das Sauerstoffgas absolut rein haben, so mufs es über Quecksilber aufgefangen werden, weil es über Wasser durch etwas Stickstoff aus der atmosphärischen Luft verunreiniget wird, die in jedem Wasser enthalten ist.

Das Sauerstoffgas ist geruch- und geschmacklos. Sein eigenthümliches Gewicht verhält sich zu der atmosphärischen Luft, nach meiner und Dulongs Wägung, wie 1,1026; nach Biots, wie 1,10359; nach de Saussure's, wie

1,10562, und nach Thomsons, wie 1,111 zu 1,0000. Davy giebt es zu 1,127 an, was ohne Zweifel zu hoch ist.

Sehr merkwürdig ist es, dafs das Sauerstoffgas das Licht weniger bricht, als irgend ein anderer bekannter Körper. Die absolute Strahlenbrechung desselben ist nach Biot und Arrago 0,000560204, und verhält sich zur Strahlenbrechung der atmosphärischen Luft wie 0,86161 zu 1,000.

Seine specifische Wärme ist, nach de la Roche und Berard, mit einem gleichen Volumen Luft verglichen, = 0,9765, und mit einem gleichen Gewicht von Luft verglichen = 0,8848, wenn die specifische Wärme der Luft = 1,000 ist. Mit einem gleichen Gewicht Wasser verglichen, verhält sie sich zur spec. Wärme des letztern wie 0,2361 : 1,000.

Wenn man Sauerstoffgas in eine Glasröhre von gleicher Weite einschliefst und dasselbe mittelst eines passenden Stempels darin schnell zusammenpreſst, so wird es auf einen Augenblick im Dunkeln leuchtend. Diese Eigenschaft findet man an keiner Gasart, welche nicht Sauerstoff enthält (wie z. B. Wasserstoff- und Stickstoffgas), und da sie sich in geringerem Grade auch am Kohlensäuregase und selbst am Wasser in flüssiger Gestalt zeigt, so scheint sie wohl vom Sauerstoffe herzurühren, welchen diese Körper enthalten.

Es wird in sehr geringer Menge vom Wasser aufgelöst, verändert weder das Kalkwasser, noch die Lakmustinktur, und unterhält das Verbrennen mit vielfach stärkerem Glanz und Hitze, als die atmosphärische Luft.

Steckt man in eine Flasche mit Sauerstoffgas einen glimmenden Spahn hinein, so entzündet er sich augenblicklich und brennt mit weit hellerer Flamme als in der atmospärischen Luft. Zieht man ihn zurück und bläst ihn aus, so entzündet er sich von neuem, wenn man ihn wieder in die Flasche steckt; und dieſs kann mehrere Male wiederholt werden. Ein Stück glimmender Feuerschwamm entzündet sich darin und brennt mit Flamme.

Phosphor, den man in einen, an einem langen Eisendrathe befestigten kleinen eisernen Löffel legt, und angezündet in Sauerstoffgas eintaucht, brennt mit einem Lichte, welches unter allen Lichtentwickelungen dem Sonnenlichte an Glanz und Klarheit am nächsten kommt. Der Schwefel brennt im Sauerstoffgase mit einer schönen lasurblauen Flamme, muſs aber dabei auf und nieder bewegt werden, weil sonst die durch das Verbrennen entstehende schwefelichte Säure, den Zutritt des Sauerstoffgases zum Schwefel verhindert. Glimmende Kohle entzündet sich und brennt darin mit Flamme. Kurz, alle Körper, die in atmosphärischer Luft brennen, brennen noch weit heftiger im Sauerstoffgas. Manche, die entweder in der Luft gar nicht, oder nur bei einer ungewöhnlich hohen Temperatur brennen, entzünden sich und brennen sehr leicht im Sauerstoffgas, z. B. Eisen. Wenn man das Ende einer Haarnadel oder eines ähnlichen dünnen Eisendrathes umbiegt, an diesem Ende etwas glimmende Kohle befestiget, und dann den Drath in eine Flasche mit Sauerstoffgas bringt; so entzündet sich erst die Kohle, und wenn diese verzehrt ist, fängt der Drath selbst an zu brennen und schmilzt an dem untern Ende zu einer Kugel, die einen sternförmigen Strom von zischenden Funken auswirft. Die geschmolzene und zum Theil oxydirte Kugel fällt ab, wenn sie zu schwer wird, und der übrige Drath fährt fort zu schmelzen und zu brennen, so lange das Sauerstoffgas nicht durch die eindringende atmosphärische Luft zu sehr verdünnt wird. Die herabfallenden Kügelchen haben eine so hohe Temperatur, daſs sie, wenn man sie ins Wassers fallen läſst, noch lange darin fortglühen, und sich tief in das Glas oder Porzellan hineinschmelzen, auf welches sie zu liegen kommen. Macht man den Versuch in einer Flasche von dünnem Glase, z. B. in einer Florentiner Flasche, so schmelzen die Kugeln das Glas und fallen unten durch. Will man daher das Gefäſs bewahren, so muſs man den Boden mit Sand bedecken. Dieser Versuch ist übrigens einer der schönsten, welchen die Chemie aufzuweisen hat.

Vermischt man Blut mit Sauerstoffgas, so verschwindet dessen dunkle Farbe und wird schön hochroth. Dieſs ist die Veränderung, welche das Blut der lebendigen Thiere beim Athemholen durch Einsaugen von Sauerstoffgas erleidet, und wodurch die thierische Wärme unterhalten wird. Sperrt man Thiere in Sauerstoffgas ein, so unterhält dasselbe das Athmen viermal länger, als ein gleiches Volumen atmosphärische Luft. Daher nannte man dieses Gas anfangs Lebensluft. Nimmt man das Thier nachher heraus, so findet man das Blut in seinen Venen weit röther, als vorher, und wenn es lange Sauerstoffgas eingeathmet hat, so ist die Lunge in einer Art von entzündlichem Zustande. Lungensüchtige verschlimmern sich daher gar sehr durch das Einathmen dieser Luftart.

Jeder Körper, welcher im Sauerstoffgas verbrennt, verbindet sich mit Sauerstoff, und nimmt nun eben so viel am Gewichte zu, als der verzehrte Sauerstoff wog. Dabei entsteht, auf eine bis jetzt noch nicht hinreichend erörterte Weise, eine Verbindung von Licht und Wärme, die wir Feuer nennen. Lavoisier und seine Zeitgenossen glaubten, das es von der gebundenen Wärme herrühre, welche den Sauerstoff in beständiger Gasgestalt erhalte; seitdem man aber eingesehen hat, daſs diese Erklärung nicht Genüge leiste, weil auch dann Feuer entsteht, wenn das Sauerstoffgas nicht condensirt wird, so nahm Crawford seine Zuflucht zu einer Veränderung in der specifischen Wärme des verbrannten Körpers, die, nach seiner Ansicht, geringer, als bei dem Sauerstoffe und dem brennbaren Körper vor ihrer Vereinigung sein sollte. Wir haben jedoch späterhin gefunden, daſs auch diese Erklärungsart nicht richtig sei, und daſs nicht allein manche verbrannte Körper eben so viele specifische Wärme haben, als ihre Bestandtheile, sondern daſs auch manche, z. B. das Wasser, sogar dann und wann eine gröſsere specifische Wärme, als ihre Bestandtheile für sich besitzen, daher, nach Crawfords Erklärung, bei Verbrennung des Wasserstoffs Kälte, statt des Feuers, entstehen müſste.

Es

Es bleibt uns daher nichts weiter übrig, als das Feuer für eine elektrische Erscheinung zu halten, welche hervorgebracht wird, wenn bei der Vereinigung der Körper die entgegengesetzten elektrischen Zustände derselben einander neutralisiren, wobei, nach unserer Ansicht, auf dieselbe Weise Feuer entsteht, wie bei Entladung der elektrischen Ladungsflasche oder des Blitzstrahls. Die weiteren Muthmafsungen über diesen Gegenstand werde ich bei der Lehre über den Einfluſs der Elektricität als chemisches Agens im dritten Theile des Lehrbuchs *) näher entwickeln, da wir hier so viel als möglich vermeiden müssen, Darstellungen von Thatsachen mit unsicheren theoretischen Ansichten zu vermengen.

Zum Anfangen des Verbrennens ist erforderlich, daſs der brennbare Körper bis zu einem gewissen Grade erhitzt werde. Sehr wenige Körper besitzen die Eigenschaft, sich bei der gewöhnlichen Temperatur der Atmosphäre zu entzünden und in der Luft zu brennen. Der Wärmegrad, welcher zur Entzündung eines brennbaren Körpers erfordert wird, ist gewöhnlich bedeutend niedriger, als der durch die Verbrennung entwickelte, so daſs der einmal entzündete Körper nachher von selbst zum Fortbrennen hinreichend erwärmt bleibt. Die durch das Verbrennen entstehende Hitze ist um so gröſser, je stärker die Verwandtschaft des brennenden Körpers zum Sauerstoffe ist, kann aber, nach der verschiedenen Dichtigkeit des Sauerstoffgases, bei einem und demselben brennbaren Körper verschieden sein. Am stärksten ist sie im reinen Sauerstoffgase; jemehr aber die kleinsten Theilchen dieses Gases durch Verdünnung oder durch Beimengung eines anderen Gases von einander getrennt werden, desto schwächer wird die beim Verbrennen entstehende Hitze. Daher brennt ein Körper mit minderer Wärme in der Luft, weil in dieser das Sauerstoffgas mit

*) Diese Abhandlung ist in einer besonderen deutschen Bearbeitung in Dresden bei Arnold 1820 erschienen.

viermal so viel Stickstoffgas gemengt ist. Stellt man sich vor, dafs die Menge des Stickstoffgases in der Luft sich vermehre, so kommt man zuletzt auf einen Punkt, wo die durch das Verbrennen entstehende Temperatur der zum Entzünden erforderlichen gleich wird und der Körper noch fortbrennt; wird aber der Sauerstoff noch mehr verdünnt, so kann das Verbrennen gar nicht mehr statt finden, wenn nicht der brennbare Körper durch irgend einen anderen Umstand auf dem zum Verbrennen erforderlichen Wärmegrade erhalten wird.

Verschiedene Körper entzünden sich (d. h. fangen an, mit dem Sauerstoffe sich zu vereinigen) bei einer Temperatur, bei der noch kein Glühen oder Leuchten statt findet, und solche Körper fahren fort sich zu oxydiren, ohne dafs Feuer entsteht, und zwar so, dafs sie sich blofs heifs erhalten, jedoch beim Zutritt reinerer Luft Feuer zum Ausbruche kommt. Hierdurch entsteht ein zwiefacher, verschiedenartiger Verbrennungszustand, der eine bei der möglichst niedrigen, der andere bei der möglichst hohen Hitze, wobei die Produkte beider oft ganz verschieden sein können.

Die Thatsache, dafs Körper, unter gewissen Umständen, bei derselben Temperatur sich fortoxydiren können, bei welcher ihre Oxydation angefangen hat, und ohne dafs Feuer dabei erscheint, hat zu der höchst interessanten Erfindung Davy's Anlafs gegeben, das Feuerphänomen gleichsam von dem einen brennbaren Körper auf einen andern überzutragen, der weder oxydirt wird, noch brennt. Man befestiget nämlich auf ein Stückchen Kampher oder an den Docht einer Weingeistlampe ein Stückchen spiralförmig gewundenen Platindrath, oder ein schmales Streifchen von sehr dünn ausgewalztem Platinbleche, mit 8 bis 10 Windungen, zündet dann den Kampher oder die Weingeistlampe an und bläfst nach einer Weile die Flamme mit einem kurzen Athemstofse schnell aus. Das Platin behält dabei, nach dem Verlöschen der Flamme, eine höhere Temperatur, als die ist, bei welcher die Oxydation der Kampher- oder Weingeist-Dämpfe ihren

Anfang nimmt, und diese fahren daher bei Berührung des Platindrathes fort, sich auf Kosten der Luft zu oxydiren, und da der Platindrath den Wärmestoff besser, als die Gase, leitet, so nimmt derselbe den dabei entwickelten Wärmestoff auf, und fängt nach wenigen Augenblikken an zu glühen. Indem der Platindrath durch sein Glühen die Verflüchtigung des Kamphers oder Alkohols unterhält, fährt er zugleich fort zu glühen, so lange, bis von dem Kampher oder Alkohol nichts mehr übrig ist.

Dasselbe geschieht auch, wenn man irgend eine brennbare Gasart in die Luft ausströmen läfst und einen erhitzten Platindrath in den Strom hält, nur mit dem Unterschiede, dafs solche Gasarten, welche an sich sehr leicht entzündlich sind, dadurch in wenigen Augenblicken entzündet werden. Das Platin pafst am besten zu diesem Versuche, weil es hinlänglich wärmeleitend ist und sich selbst nicht oxydirt. Mit andern Metallen gelingt der Versuch ebenfalls, doch weniger gut und sicher; Eisen kommt darin dem Platin noch am nächsten, Silber und Gold scheinen für diesen Zweck aber zu starke Wärmeleiter zu sein und deshalb die Hitze abzuleiten. Bei allen diesen Versuchen beruht jedoch die Entzündung und Verbrennung nicht allein auf der Temperatur des Platins. Das Metall selbst, ungeachtet es keine Verbindung eingeht, wirkt dabei auf eine eigene Art mit. Beim Wasserstoffe werde ich auf diese Materie zurückkommen und ausführlicher dasjenige anführen, was uns die Erfahrung darüber gelehrt hat.

Einen mit Sauerstoff vereinigten Körper nennt man oxydirt oder verbrannt. Das Gewicht eines solchen Körpers beträgt so viel, als die Gewichte des brennbaren Körpers und des verzehrten Sauerstoffes zusammen genommen. Es ist aber sehr schwierig, diesen Versuch so anzustellen, dafs man sowohl das unverzehrt zurückgebliebene Sauerstoffgas, als auch den verbrannten Körper wiegen kann. War das Sauerstoffgas völlig rein, und der brennbare Körper vermögend, dasselbe ganz zu verzehren, so verschwindet es gänzlich; wenn man z. B. eine

Glaskugel mit Sauerstoffgas füllt, auf jede drei Cubikzoll ihres Inhalts einen Gran Phosphor hineinbringt, dann die Kugel luftdicht verschliefst und so weit erhitzt, dafs der Phosphor sich entzündet und verbrennt, so wird, wenn man die Kugel nach dem Erkalten unter Wasser öffnet, dieses eindringen und die Kugel so ausfüllen, dafs nicht die geringste Luftblase darin bleibt.

Dieser Versuch läfst sich aber noch auf eine leichtere und glänzendere Weise bewerkstelligen, wenn man eine kleine Glasglocke von 5 bis 6 Zoll Länge mit Quecksilber füllt und über Quecksilber umstürzt, dann aber ein Stückchen Phosphor hineinbringt, welches seiner Leichtigkeit wegen durch das Quecksilber bis zum obersten Theile der Glocke emporsteigt. Hier schmelzt man den Phosphor auf diese Weise, dafs man einen heifsen, aber nicht glühenden Schmelztiegel umgekehrt über die Glocke hält, jedoch so, dafs er das Glas nicht berührt. Hierauf läfst man Sauerstoffgas in kleinen, einzelnen Blasen zu dem geschmolzenen Phosphor aufsteigen. Der Phosphor brennt nun mit lebhaftem Glanze fort und das Sauerstoffgas verschwindet, so dafs man zuletzt nur Phosphor und Phosphorsäure in der Glocke vorfindet.

Viele einfache Körper nehmen beim Verbrennen durch die Vereinigung mit Sauerstoff einen sauren Geschmack an und werden in Säuren verwandelt, woher auch der Sauerstoff seinen Namen erhalten hat. Sie können sich jedoch in verschiedenen Verhältnissen mit Sauerstoff verbinden, und die neuen Verbindungen sind sich daher in ihren Eigenschaften nicht gleich. Sehr wenige Metalle können durch Aufnahme von Sauerstoff in Säuren verwandelt werden; die meisten verlieren blofs ihr metallisches Ansehn und werden in eine pulvrige, erdartige, bisweilen farbige Masse verwandelt, die man sonst Metallkalk nannte, jetzt aber oxydirtes Metall oder Metalloxyd nennt.

Ein und derselbe Körper kann mehrere Oxydationsstufen besitzen, die sich, nach ihren verschiedenen Eigenschaften, in vier Klassen eintheilen lassen. 1) Das Sub-

oxyd ist die niedrigste Stufe; es kann sich nicht mit andern oxydirten Körpern vereinigen, ohne mehr Sauerstoffgas aufzunehmen. Diese Oxydationsstufe ist weniger allgemein und bis jetzt nur bei wenigen Körpern bekannt; vielleicht lernen wir aber mit der Zeit mehrere kennen. Zu den Suboxyden gehören die Häutchen, welche sich nach und nach auf metallischem Blei, Zink, Arsenik, Wismuth u. s. w. bilden.

2) Oxyde. Diese Klasse begreift die oxydirten Körper, welche sich unter einander verbinden können. Sie wird in zwei Unterabtheilungen getheilt: Salzbasen und Säuren. a) Salzbasen, mitunter nur Basen genannt, werden durch die Verbindung der elektropositiven Metalle mit Sauerstoff gebildet, und sind das, was wir Alkalien, Erden und Metalloxyde nennen. Ein und dasselbe Metall kann mehrere basische Oxydationsgrade haben, viele haben zwei, ein einziges hat drei. Wir unterscheiden sie dann in der Benennung auf die Weise, dafs der niedrigste Grad Oxydul und der zweite Oxyd genannt wird, z. B. Eisenoxydul und Eisenoxyd. Einige Chemiker bedienen sich der griechischen Zahlwörter zur Unterscheidung der Oxydationsstufen, und sagen: Protoxyd, Deutoxyd, Tritoxyd u. s. w. b) Säuren werden diejenigen Oxyde genannt, welche von den elektronegativen Metallen und von den Metalloïden gebildet werden, und wovon die meisten einen mehr oder weniger deutlich sauren Geschmack haben. Auch diese haben mehrere Oxydationsstufen, welche man in der Benennung auf die Art unterscheidet, wie folgendes Beispiel von den vier Säuren des Schwefels zeigt: unterschweflichte Säure, schweflichte Säure, Unterschwefelsäure, Schwefelsäure. Diese Nomenklatur ist gewifs nicht sehr gut, aber sie ist einmal angenommen. — Der brennbare Körper in einer Säure oder Salzbasis wird ihr Radikal genannt. Wenn sich Säuren und Salzbasen verbinden, so entstehen eigene Körper, Salze genannt, in welchen die Säure und die Base einander gänzlich die Hauptcharaktere aufheben.

3) Die Superoxyde; sie enthalten so vielen Sauer-

stoff, dafs sie, ohne einen Theil davon abzugeben, sich mit anderen Oxyden oder Säuren gar nicht verbinden können. Von dieser Beschaffenheit ist z. B. der sogenannte Braunstein, aus welchem, wie wir schon oben gesehen haben, der überflüssige Sauerstoff durch Glühen ausgetrieben werden kann.

Alle diese verschiedenen Oxydationsstufen erzeugen sich unter bestimmten Sprüngen von einer Stufe zur andern, ohne Zwischenstufen. Diese Sprünge geschehen gewöhnlich nach gewissen Gesetzen, so dafs die Sauerstoffmenge, welche das Oxyd anfänglich enthielt, sich um $\frac{1}{2}$ oder 2 oder 3 Male vermehrt. Ueberhaupt kennen wir noch nicht alle Oxydationsstufen der brennbaren Körper; oft werden neue entdeckt, und es ist wahrscheinlich, dafs alle brennbare Körper eine gewisse Anzahl Oxydationsstufen besitzen, in welchen sich die Sauerstoffmengen, wie die Zahlen 1, 2, 3, 4 u. s. w. verhalten, so dafs der Zuwachs an Sauerstoff das 2-, 3-, 4fache u. s. w. von der Sauerstoffmenge des niedrigsten Oxyds ausmacht. Allein wir haben die Art und Weise, wie die meisten von ihnen hervorgebracht werden können, noch nicht entdeckt, und kennen bis jetzt nur erst diejenigen, in welchen die Bestandtheile durch die stärksten Verwandtschaftskräfte mit einander verbunden sind, und die daher bei unseren Versuchen vorzugsweise gebildet werden.

Ehe ich die Lehre vom Sauerstoffe verlasse, mufs ich, auf Veranlassung des so eben Angeführten, noch etwas über das merkwürdige Verhalten bemerken, das in Hinsicht der Proportionen eintritt, in welchen der Sauerstoff mit anderen Körpern sich verbindet. Gay-Lussac entdeckte zuerst, dafs wenn das Sauerstoffgas sich mit anderen Körpern vereiniget, welche sich in Gasgestalt befinden, wie z. B. Wasserstoffgas oder Stickstoffgas (die wir in der Folge kennen lernen werden), diese Vereinigung stets in einem solchen Verhältnisse erfolge, dafs entweder beide Gasarten sich in gleichen Maafstheilen mit einander verbinden, oder dafs 2, 3 oder mehrere Maafstheile des einen Gases sich mit einem einzigen Maafstheile

des anderen Gases vereinigen, so daſs in den Verhältnissen kein Bruch vorkömmt.

Ob wir nun schon nicht alle brennbare Körper in Gas verwandeln können, und die meisten von ihnen, die wir zu verflüchtigen im Stande sind, ihre Gasgestalt nur bei so hoher Temperatur beibehalten, daſs wir sie nicht mehr zu messen vermögen, so haben wir doch Grund zu vermuthen, daſs die Verhältnisse, nach welchen der Sauerstoff sich mit den brennbaren Körpern verbindet, und selbst diejenigen Verhältnisse, nach welchen sich die brennbaren Körper unter einander selbst vereinigen, mit den relativen Maaſstheilen dieser Körper bei derjenigen Temperatur in Uebereinstimmung stehen, bei welcher diese brennbaren Körper Gasgestalt annehmen würden, (diese Temperatur mag auch übrigens so hoch sein, als sie nur wolle) — und daſs diese Vereinigung auf solche Weise geschehe, daſs ein Volumen oder Maaſstheil der einen Gasart entweder mit einem einzigen Volumen, oder mit 2, 3, 4 oder mehreren Maaſstheilen des anderen Gases sich verbinde. Die Lehre von diesen Verhältnissen, welche beim Anfange des Studiums der Chemie weniger leicht verständlich ist, wird im dritten Theile bei Erklärung der chemischen Proportionen ausführlicher abgehandelt werden *).

2. Brennbare Körper.

Man glaubte vormals, daſs die Brennbarkeit aller Körper durch einen Stoff hervorgebracht werde, welcher durch die ganze Natur verbreitet sei, beim Verbrennen eines Körpers entweiche, und welchem man den Namen Phlogiston gab. Allein man kannte damals weder den

*) Man sehe darüber den aus dem dritten Theile dieses Lehrbuchs besonders ausgehobenen Versuch über die Lehre von den chemischen Proportionen und über die chemischen Wirkungen der Elektricität nach, welche in einer deutschen Bearbeitung bei Arnold in Dresden 1820 erschienen ist.

Sauerstoff, noch selbst die Natur des Verbrennungs-Phänomens, hatte auch noch nicht bemerkt, daſs der verbrannte Körper stets an Gewicht zunimmt, wenn man die Produkte der Verbrennung sammelt und wägt. Nachdem Scheele entdeckt hatte, daſs beim Verbrennen Sauerstoff verzehrt werde, und Lavoisier fand, daſs der verbrannte Körper eben so viel an Gewicht zunehme, als das verzehrte Sauerstoffgas gewogen hatte; da entstand die neuere Theorie des Verbrennens, auf welcher das Wichtigste der übrigen theoretischen Chemie beruht und durch welche Lavoisiers Scharfsinn dieser Wissenschaft den höheren Grad der Ausbildung gab, den sie jetzt besitzt. Die Anhänger des Phlogistons bemühten sich lange, Lavoisiers Theorie umzustoſsen, indem sie dem Phlogiston eine Eigenschaft zuschrieben, die sie negative Schwere nannten, vermöge deren ein Körper, der sich damit vereinigte, an Gewicht verlieren sollte. Diese Erklärungen sind jedoch nun gänzlich verworfen, das Phlogiston ist aus der Chemie verbannt, und Lavoisiers Lehre, die deshalb gleich anfangs den Namen der antiphlogistischen Chemie erhielt, durch vieljährige Erfahrungen vollkommen bestätiget. Bei der Lehre von der Oxydation der Metalle werde ich das Geschichtliche der phlogistischen und antiphlogistischen Chemie ausführlicher erwähnen.

1. Wasserstoff.

Der Wasserstoff, deswegen so genannt, weil er in Verbindung mit dem Sauerstoff Wasser bildet, kann, so wie der Sauerstoff, an und für sich nicht in fester oder tropfbar-flüssiger Gestalt dargestellt werden, sondern er bildet eine eigene brennbare Gasart, welche man ehedem brennbare Luft nannte. Er findet sich, auſser dem Wasser, in allen organischen Körpern, sowohl Thieren, als Pflanzen, und ist folglich einer der häufigsten Bestandtheile unserer Erdkugel.

Um Wasserstoffgas zu erhalten, scheiden wir es aus

seiner Verbindung mit dem Sauerstoff im Wasser auf mehr als eine Art; doch erhalten wir es nur selten ganz rein.

1) Die einzige Art, völlig reines Wasserstoffgas zu erlangen, ist die Zerlegung des Wassers durch die elektrische Säule; doch erhält man es da nur in sehr geringer Menge. Man füllt eine Glasröhre, Fig. 6. Taf. II., von $\frac{1}{2}$ Zoll im Durchmesser mit reinem Wasser, worin man, um es mehr leitend zu machen, einige Gran salzsaures Natron (Kochsalz) auflöst, und verschliefst die Röhre an beiden Enden mit gut passenden Korken. Durch den Kork am unteren Ende wird ein etwas starker Messingdrath a b (kein Eisendrath, weil dieser zuweilen Sauerstoffgas entwickelt), und durch den oberen ein ähnlicher Drath e f, nebst einer feinen gekrümmten Glasröhre zum Auffangen des Gases c d gesteckt; die Dräthe werden so gegen einander gestellt, dafs ihre inneren Enden a und f ungefähr einige Linien von einander abstehen. Der untere Drath wird mit dem +, der obere mit dem — Pole der Säule in Verbindung gebracht. Nun entsteht in der Flüssigkeit, zwischen den Oberflächen der Dräthe a und f, die bekannte elektrische und chemische Vertheilung, durch welche die Säule entladen wird. Die negative Elektricität mit dem Sauerstoffe des Wassers und der Säure des Kochsalzes sammelt sich um den Drath a b, und da die negative Elektricität hier durch die + E der Säule gesättiget wird, so verbinden sich der Sauerstoff und die Salzsäure mit dem Metalle, und bilden ein Metallsalz, welches sich um den Drath a b herum aufgelöst erhält, der nun immer mehr angegriffen wird. Die + E mit dem Wasserstoffe des Wassers und dem Natron des Kochsalzes häuft sich am Drathe e f an; und weil hier die + E von der negativen E des Drathes gesättigt wird, das Wasserstoffgas aber keinen Körper findet, mit dem es sich vereinigen könnte, so wird es frei und entweicht in Gasgestalt durch die Röhre c d. Das Natron bleibt in der Flüssigkeit, um e f herum, aufgelöst zurück. Führt man nun die Röhre

cd in eine kleine Schaale mit Wasser oder Quecksilber, so kann das in ihr aufsteigende Wasserstoffgas, wie in den früheren Versuchen das Sauerstoffgas, in einer mit Wasser oder Quecksilber gefüllten, über die Oeffnung der Röhre gestürzten Flasche aufgefangen werden. Mit 25 bis 30 Paar vierseitigen Platten von Zink und Kupfer, die 4 bis 3 Zoll Seitenlänge haben, und mit einer Auflösung von Kochsalz in Essig angefeuchtet werden, erhält man bei + 18° ungefähr ½ Cubikzoll Wasserstoffgas in einer Stunde, und zwar in der höchst möglichen Reinheit.

2) Die gewöhnlichste Art, dieses Gas zu bereiten, liefert es am unreinsten, und ist schon oben bei der Lehre von den Verwandtschaften erklärt worden. Man verdünnt nämlich concentrirte Schwefelsäure mit 5 — 6 mal so viel Wasser und bringt Eisenfeilspähne hinein. Hier nimmt nun das Eisen, um sich mit der Schwefelsäure zu schwefelsaurem Eisenoxydul (Eisenvitriol) vereinigen zu können, den Sauerstoff des Wassers auf, und entbindet dadurch den Wasserstoff. Die Masse kommt dabei durch die Entbindung des Wasserstoffgases gleichsam in's Kochen und erhitzt sich. Allein das Gas, welches man dabei erhält, hat einen unangenehmen stinkenden Geruch, und wenn man es durch Alkohol (stärkern Weingeist) leitet, so nimmt dieser einen grofsen Theil des Geruchs auf, und giebt, wenn man ihn dann mit Wasser mengt, eine milchähnliche Flüssigkeit, wie manche Riechwasser geben, die aus Auflösungen irgend eines flüchtigen Oels in Alkohol bestehen, wenn man sie mit Wasser mengt. Läfst man das Gemenge in einem wohl verschlossenen Gefäfse einige Tage lang ruhig stehen, so scheidet sich eine Art flüchtiges stinkendes Oel aus, welches im Gase enthalten war und den unangenehmen Geruch zum Theil verursachte. Die Unreinheit des Gases bei diesem Versuche rührt daher, dafs alles Eisen, selbst das beste Stabeisen, ein wenig Kohle enthält, die sich bei der Auflösung mit dem frei werdenden Wasserstoffe verbindet, und damit theils jenes stinkende Oel, theils gekohltes Wasserstoffgas bildet.

Je kohlenhaltiger das Eisen ist (z. B. Stahl und Roheisen), desto stinkender ist das Gas, welches man erhält, und desto mehr Oel setzt es im Alkohol ab. — Die zurückbleibende Flüssigkeit setzt beim Erkalten schwefelsaures Eisenoxydul in hellgrünen Krystallen ab.

Statt des Eisens bedient man sich auch häufig des Zinks, den man vorher in einer Gieſskelle schmelzt und auf eine reine Steinplatte ausgieſst, damit man ihn in dünnen Scheiben erhält und leichter zerkleinern kann. Man bekommt beim Auflösen des Zinks in verdünnter Schwefelsäure ein etwas reineres Wasserstoffgas, welches aber auch noch stinkend ist.

Will man ein vollkommen reines Wasserstoffgas haben, so muſs man destillirtes Zink anwenden, und das Gas, ehe man es auffängt, durch eine Lauge von Aetzkali leiten. Das Gas verliert dabei zwar den gröſsten Theil seines Geruchs, wird aber doch nicht ganz geruchlos, und die Lauge nimmt einen scharfen und unbehaglichen Geruch an. Der riechende Stoff, welcher im Gase zurückbleibt, ist indessen so unbedeutend, daſs man, ohne einen Fehler zu begehen, denselben nicht weiter zu beachten braucht.

Der Apparat, welcher zu diesem Versuch erfordert wird, ist sehr einfach, indem man bloſs in den Hals einer tubulirten Retorte eine auf gewöhnliche Weise gekrümmte Glasröhre einzukitten braucht. In Ermangelung einer Retorte, nimmt man eine gewöhnliche Flasche, und führt durch den Kork eine gekrümmte Glasröhre hindurch, wie in Fig. 5. Taf. II. — Noch bequemer wird der Apparat, wenn man ihn wie in Fig. 8. Taf. II. einrichtet, nämlich, auſser dem Entwickelungsrohre ab, noch ein zweites Rohr in den Kork einläſst, welches am obern Ende zu einem trichterförmigen Gefäſse ausgeblasen, übrigens aber in der Richtung cde so gebogen ist, daſs das Knie bei d tiefer als die Oeffnung e liegt. Durch dieses Rohr kann man nämlich nach Bedarf Schwefelsäure einfüllen, die leicht in die Flasche hinunterfliefst, wovon aber im Knie d, weil es tiefer, als die Oeffnung e, liegt,

immer etwas zurückbleiben muſs, wodurch das Wasserstoffgas verhindert wird, auf diesem Wege zu entweichen. Man kann sich auch einer geraden Röhre bedienen, die so tief in die Flasche reicht, daſs die untere Oeffnung unter der Oberfläche der Flüssigkeit steht. Bei allen diesen Versuchen, gasförmige Körper in reinem Zustande zu erhalten, muſs man die ersten Portionen entwickelten Gases verloren gehen lassen, bis sie die im Gefäſse vor der Operation eingeschlossene atmosphärische Luft mit sich geführt haben.

Das Wasserstoffgas zeichnet sich durch seine Eigenschaften vor allen andern Körpern aus. Es bricht die Lichtstrahlen $6\frac{1}{2}$ mal stärker, als die atmosphärische Luft, oder noch genauer: sein Brechungsvermögen verhält sich zu dem der atmosphärischen Luft wie 6,61436 : 1,00000. Bei völliger Reinheit ist es geruchlos; so erhält man dasselbe, wenn man ein Amalgam von Kalium und Quecksilber mit Wasser übergieſst, in welchem Falle sich das Kalium auf Kosten des Sauerstoffs im Wasser oxydirt. Setzt man aber dem Wasser eine Säure oder auch salzsaures Ammoniak zu, welches die Gasentwickelung beschleuniget; so nimmt das Gas sogleich denselben Geruch an, den es bei Auflösung destillirten Zinks in verdünnten Säuren bekommt. Dieser Geruch kann daher nicht dem Wassergase selbst angehören, sondern muſs von andern aufgelösten Stoffen herrühren. Sie können nach Döbereiner entfernt werden, wenn man 24 Unzenmaaſse Wasserstoffgas 24 Stunden lang mit 1 Loth wohlausgebrannter, mit Wasser angefeuchteter Kohle in Berührung bringt. Sein specifisches Gewicht verhält sich zum spec. Gewichte der Luft wie 0,0688 bis 0,0689 : 1,000, nach einigen Wägungsversuchen, die ich in Gesellschaft mit Dulong angestellt habe. Früher hatte man dieses eigenthümliche Gewicht 0,073 gefunden. Seine specifische Wärme verhält sich zu der Luft, dem Volumen nach gerechnet, wie 0,9033 : 1,000; dem Gewichte nach aber wie 12,3401 : 1,000. Mit einem gleichen Gewichte Wasser verglichen, verhält sich die specifische Wärme des Wasserstoffgases = 3,2936 : 1,000.

Es kann entzündet werden und brennen. Wenn man an die Mündung einer mit Wasserstoffgas gefüllten Flasche einen brennbaren Körper bringt, so entzündet sich das Gas und brennt mit einer schwachen Flamme zur Oeffnung der Flasche heraus, die beim Tageslicht kaum sichtbar ist. Diese Flamme ist völlig weifs, wenn das Gas völlig rein war, aufserdem ist sie bald bläulich, bald grün u. s. w. Mischt man das Wasserstoffgas in der Flasche mit atmosphärischer Luft und zündet es an, so verbrennt es auf einmal mit einem kleinen Knalle. Wenn man der Oeffnung einer Röhre, aus welcher Wasserstoffgas ausströmt, ein brennendes Licht nähert, so entzündet sich das Gas und brennt am Ende der Röhre mit einer kleinen, schwach leuchtenden Flamme. Die Verbindung des Wasserstoffgases mit dem Sauerstoffgase, fängt schon bei einer Temperatur an, die durchaus nicht bis zum Leuchten geht, so dafs das Gemenge beider Gase schon durch einen heifsen, aber nicht glühenden Platindrath entzündet werden kann. Man glaubte anfangs, dafs hierbei die Temperatur des Platindrathes das hauptsächlich Wirksame sei. Erman fand, dafs schon + 50° Temperatur im Platindrathe hinreichend war, nach einigen Augenblicken die Entzündung des Gases zu bewirken; aber Döbereiner entdeckte im Jahre 1823, dafs das Platin selbst dabei eine so grofse Rolle spiele, das sich das Wasserstoffgas, wenn das Platin fein zertheilt ist, durch dessen Mitwirkung an der Luft entzünden kann, selbst bei Temperaturen unter dem Gefrierpunkte. Zu diesem Endzwecke ist es aber erforderlich, dafs das Platin, neben einem hohen Grade mechanischer Zertheilung, eine ganz reine Oberfläche habe. Um diese höchst interessante Erscheinung hervorzubringen, braucht man sich nur des schwammigen porösen Platins zu bedienen, was man frisch durch Glühen von sogenanntem Platinsalmiak reducirt hat, und es mit einer kleinen Zange in einigem Abstande vor die Oeffnung einer Röhre zu halten, durch welche man Wasserstoffgas in die Luft ausströmen läfst. Das Platin wird im Augenblicke weifsglühend, und kurz

darauf entzündet sich das Gas, wobei sich die Temperatur des Platins wieder vermindert. Legt man das Platin auf den Boden eines Glases, in welches man Wasserstoffgas bläst, so sieht man, so wie das Metall zu glühen anfängt, die innere Seite des Glases sich mit Feuchtigkeit beschlagen, die durch Oxydation des Wasserstoffgases gebildet wurde. Die Erklärung hiervon ist, dafs sich, durch eine Wirkung des Platins, deren Ursache wir noch nicht verstehen, der Sauerstoff der Luft mit dem ausströmenden Wasserstoffgase, an den Berührungspunkten mit dem Metalle, verbindet, und dafs durch die Wärme, welche dabei entsteht, das Metall zum Glühen erhitzt wird, welche endlich so hoch steigt, dafs sich das Gas entzündet. Nachdem sich dieses entzündet hat, geht die Wärmeentwickelung in der Wasserstoffgas-Flamme vor sich, und nicht mehr auf dem Platin, was folglich zu glühen aufhört. Das Platin verliert diese Eigenschaft nach zwei oder drei Tagen, und während sie abnimmt, vermindert sich auch die Temperatur, bis zu welcher das Platin durch die Verbindung der Gase erhitzt wird, so dafs wohl eine Verbindung vor sich geht und Wasser gebildet, das Platin aber dadurch nicht so stark erhitzt wird, dafs es glühet. Wird es in diesem Zustande zuvor erhitzt, so wirkt es mit um so gröfserer Energie, es wird wieder durch das Gas glühend, und kann es entzünden. Diese Eigenschaft kommt jedoch nicht ausschliefslich dem Platin zu, aber dieses Metall scheint dieselbe in einem höheren Grade als irgend ein anderer Körper zu besitzen. Thénard und Dulong haben gezeigt, dafs die Metalle Palladium, Rhodium und Iridium sie in fast gleichem Grade wie Platin haben, andere Metalle dagegen, z. B. Gold, Nickel und Osmium in geringerem Grade, so dafs sie entweder bei der gewöhnlichen Temperatur der Luft die Gase verbinden, ohne glühend zu werden, oder bis zu einem gewissen Grade erwärmt werden müssen, ehe diese Wirkung eintrifft, welche sie aber dann mit Energie bewirken. Auch nichtmetallische solide Körper, z. B. Kohle, Bimstein, Bergkrystall, Porzellan, Glas, haben

alle die Eigenschaft, bei einer Temperatur unter + 350°, die Verbindung von Sauerstoffgas und Wasserstoffgas zu Wasser zu determiniren, jedoch ohne dadurch glühend zu werden, und ohne dafs sich das Gas dadurch entzündet. Sie müssen dabei in Pulverform angewendet werden, und je scharfkantiger das Pulver ist, um so mehr Wasser wird unter übrigens gleichen Umständen gebildet. Flüssige Körper, z. B. Quecksilber, scheinen diese Eigenschaft bei Temperaturen unter + 350° nicht zu haben. Diese gröfsere Anzündlichkeit, in Berührung mit gewissen festen Körpern, ist auch nicht allein dem Wasserstoffe eigenthümlich, sondern allen andern brennbaren Gasen, obgleich keines von denen, die bis jetzt versucht wurden, diese Erscheinung so leicht hervorbringt, als das Wasserstoffgas. Sogar solide brennbare Körper scheinen, durch eine innige Mengung mit andern, weniger brennbaren, einen höheren Grad von Entzündlichkeit zu erlangen, als wenn sie unvermengt sind *).

---

*) Diese Materie ist von so grofsem Interesse, dafs ich hier die specielleren Resultate von Thénards und Dulongs vortrefflicher Untersuchung darüber anführen zu müssen glaube. Sie fanden, dafs Platinschwamm (worunter ich die poröse zusammenhängende Platinmasse verstehe, welche beim Glühen des Platinsalmiaks zurückbleibt) bei gewöhnlicher Temperatur der Luft das Wasserstoffgas entzündet, nachdem sich dieses mit Luft vermischt hat. Das Metall wird dadurch zuerst glühend, und gleich darauf entzündet sich das Gas, wenn es hinreichend zuströmt. Mit Wasserstoffgas allein findet keine Temperatur-Erhöhung statt, und ist es mit einer geringen Menge Sauerstoffgas vermengt, so wird zwar die Temperatur des Platins erhöht und Wasser gebildet, aber das Gas nicht entzündet. Wird der Platinschwamm einer sehr starken Weifsglühhitze ausgesetzt, wodurch er dichter wird, so verliert er das Vermögen, mit Wasserstoffgas glühend zu werden, veranlafst aber dennoch eine langsame Wasserbildung, aber ohne dadurch erhitzt zu werden. Diese Eigenschaft beruht nicht allein auf der Zertheilung des Metalles, sondern auch auf einer gewissen Beschaffenheit seiner Oberfläche, welche sich durch Aussetzen an die Luft allmählich verliert. Thénard und Dulong haben, um dieſs auszumitteln, das Verhalten des Platins bei verschiedenen Formen untersucht. Ein Platindrath von $\frac{1}{50}$ Millimeter Durchmesser, und zu einem Spiral von 100 Umwindungen gewunden, hatte, als es eben

Wenn eine 8 bis 12 Zoll lange und 1 bis 2 Linien im Durchmesser weite Glasröhre, an dem einen Ende zu ei-

---

gemacht war, keine Wirkung auf einen Strom von Wasserstoffgas bei gewöhnlicher Temperatur der Luft; aber bei +300° determinirte er die Oxydation des Wasserstoffgases. Wurde er dagegen mehreremal hinter einander geglüht, nachdem er jedesmal wieder erkaltet war, so hatte er um so viel gewonnen, dafs er bei +50° bis +60° auf das Gas zu wirken anfing. Wurde er nun in Salpetersäure gelegt, darauf mit Wasser abgewaschen und bei +200° getrocknet, so erlangte er das Vermögen, sich in einem Strome von Wasserstoffgas zu erhitzen, und wurde glühend, wenn der Strom stark war. Schwefelsäure und Salzsäure wirkten ähnlich, aber schwächer. Der Drath behielt diese Eigenschaft nur einige Stunden lang an der freien Luft, 24 Stunden lang aber in einem verschlossenen Gefäfse. Die Beschaffenheit des Gefäfses hat darauf keinen Einfluss. Der Drath verlor diese Eigenschaft innerhalb 5 Minuten, wenn er, an einer Handhabe von Lack befestigt, in isolirtes Quecksilber getaucht wurde. Ein starker Strom von feuchter oder trockner atmosphärischer Luft, von Sauerstoffgas, Wasserstoffgas, oder kohlensaurem Gas, zerstörte dieselbe in gleicher Zeit. Kali, Natron und Ammoniak entzogen dem Drathe diese Eigenschaft nicht. Sie erregten sie sogar wieder bei einem Drathe, welcher sie durch die angeführten Behandlungen mehreremal erlangt und wieder verloren hatte. Feilspähne von Platin, erhalten durch eine Feile von mittlerer Feinheit, hatten im ersten Augenblicke, als sie abgefeilt waren, die Eigenschaft, unmittelbar auf den Wasserstoffgas-Strom zu wirken, sie nahm aber bei ihnen beständig ab, und hörte nach einer oder einigen Stunden ganz auf. Gelinde Glühung, oder noch besser Behandlung mit Salpetersäure, erweckte sie wieder, und, in einem verschlossenen Gefäfse aufbewahrt, behielten sie dieselbe dann mehrere Tage lang. Darauf geblasene Luft zerstörte sie, obgleich weniger schnell als beim Drathe. Unter Wasser abgefeilt, waren die Platinspähne ganz ohne Wirkung. Feine Blätter von Platin (solche wie Blattgold) hatten im ersten Augenblicke, als sie geschlagen waren, das Vermögen, bei gewöhnlicher Temperatur der Luft, auf das Wasserstoffgas zu wirken, verloren es aber innerhalb weniger Minuten. Sie nahmen es wieder in hohem Grade an, als sie in einem bedeckten Tiegel geglüht wurden, und behielten es, wenn sie in einem bedeckten Gefäfse aufbewahrt wurden, mehr als 24 Stunden lang; blieben sie an der Luft, so verloren sie es zugleich mit dem Verschwinden der durch das Zusammendrücken im Tiegel entstandenen Falten, und neues Zusammenknittern stellte es nicht wieder her. Platinschwamm behielt diese Eigenschaft länger als die vorigen an offner Luft, wovon wahrscheinlich seine Textur, welche die innern Theile vor dem ungehinderten Einflusse der Luft schützt, die Ursache ist. Gelindes Glühen, oder Behandlung mit

einer feinen Spitze ausgezogen, das andere Ende aber mittelst eines gut schliefsenden Korkes in den Hals einer Flasche eingepafst wird, aus welcher durch Eisen oder Zink mit verdünnter Schwefelsäure Wasserstoffgas entwikkelt wird, und man entzündet dann das Gas am Ende der Röhre *); so entsteht ein starker Ton wie von einer Glasharmonika, wenn man einen kleinen, wohlgetrockneten Glascylinder (wie Fig. 9. Taf. II.) oder in Ermangelung dessen eine Chinaflasche über die Oeffnung hält, und

---

Salpetersäure, stellt wieder her, was er verloren hat. Einträukung von Wasser, Zublasen von Wasserdämpfen schwächten nicht sein Vermögen, und Zublasen von feuchter Luft verminderte es nicht mehr als trockene Luft. Platinpulver, erhalten von Platinsalmiak, der vor dem Glühen mit Kochsalz zusammengerieben war, hatte dieselbe Eigenschaft wie der Platinschwamm. Platinpulver durch Zink aus einer Auflösung von Platin gefüllt, hatte diese Eigenschaft in höherem Grade und behielt sie beständiger als irgend ein anderes Platinpräparat. Palladium, Rhodium und Iridium, auf ähnliche Art, wie das Platin behandelt, hatten vollkommen dieselbe Eigenschaft. Nickel, welcher durch Glühen von oxalsaurem Nickeloxyd in einer Retorte erhalten war, determinirte ebenfalls bei der gewöhnlichen Temperatur der Luft die Verbindung des Wasserstoffs mit Sauerstoff, aber langsam und ohne glühend zu werden, was auch schon Döbereiner beobachtet hatte. Von andern Materien, welche sie versuchten, wirkte keine bei der gewöhnlichen Temperatur der Luft, aber viele bei höheren Temperaturgraden. Gold, durch Zink aus seiner Auflösung gefällt, und bei gewöhnlicher Temperatur der Luft getrocknet, bewirkte die Verbrennung des Wasserstoffs bei + 120°; war das Gold zuvor gelinde geglüht, so wirkte es bei + 55°. Osmium wirkte bei + 40° à + 50°. Silber, auf Zink gefällt und gelinde geglüht, wirkte bei + 150° Gold in dünnen Blättern wirkte bei + 280°, als gewöhnliches Blattgold bei + 260°. Blattsilber wirkte nicht deutlich bei + 350°, über welchen Grad sie bei ihren Versuchen nicht gingen. — Man hat den Versuch gemacht, diese Eigenschaft des Platinschwammes zu einer Art von Feuerzeug, ähnlich der elektrischen Lampe, zu benutzen; was indefs, wegen der Vergänglichkeit des Zündungs-Vermögens beim Platinschwamme, von geringer Anwendbarkeit ist.

*) Dabei ist zu erinnern, dafs das Gas nicht sogleich entzündet werden darf, weil sonst durch die in der Flasche enthaltene, mit dem Gase vermischte atmosphärische Luft eine Explosion entsteht, welche die Glasröhre gewaltsam herauswirft und dadurch Schaden verursachen kann. Man mufs daher die Entwickelung des Gases eine Weile abwarten, ehe man es anzündet.

dieser Ton wird tiefer oder höher, je nachdem der Cylinder tiefer oder höher gehalten wird. Dieser Cylinder braucht am oberen Ende gar nicht verschlossen, sondern die Oeffnung nur nicht allzuweit zu sein. Dieses Phänomen hat man die chemische Harmonika genannt. Die Ursache dieser Erscheinung ist lange unbekannt gewesen oder unrichtig erklärt worden, bis erst ganz neuerlich Faraday durch interessante Versuche bewiesen hat, dafs sie von einer Reihe kleiner Verpuffungen herrührt, die so dicht auf einander folgen, dafs sie einen zusammenhängenden Schall hervorbringen. Wenn die Flamme zu tönen anfängt, sieht man sie sich verlängern oder nach der Länge ausdehnen, als ob sie durch einen schnell aufsteigenden Luftstrom über die Oeffnung der Glasröhre hinausgetrieben würde; dabei mengt sich die Luft mit dem Gase dergestalt, dafs das Gemenge, wenn es etwas höher hinauf kommt, wo die Flamme brennt, mit einer kleinen Verpuffung verbrennt, ganz so, wie es bei einem Flammenfeuer der Fall ist, wenn man heftig darauf bläst, nur dafs der Laut, welcher in diesem Falle entsteht, von jenem verschieden ist.

Eine nothwendige Bedingung zum Gelingen dieses Versuches ist, dafs die Oeffnung der Röhre eng, und die Gasentwickelung bis zu einem gewissen Grade schwach sei; denn so lange das Gas mit einer starken Flamme brennt, entsteht kein Ton.

Mengt man zwei Maafstheile Wasserstoffgas in einer Flasche mit einem Maafse Sauerstoffgas und zündet das Gemenge an, so entsteht ein starker Knall. Man hat daher dieses Gemenge Knall-Luft genannt. Die Flasche mufs bei diesem Versuche mit einem Handtuche umwickelt werden, weil sie leicht entzwei gehen kann, wobei die Splitter mit Gewalt umher geworfen werden. — Wenn man an der Oeffnung einer feuchten Ochsenblase einen metallenen Hahn mit einem Ventile befestiget, und dieselbe darauf mit Knall-Luft füllt, so kann man mittelst einer, in den Hahn hineingesteckten kleinen Thonpfeife Seifenblasen bilden, die in der Luft, wegen der

gröfsern Leichtigkeit des in ihnen eingeschlossenen Wasserstoffgases, in die Höhe steigen, und beim Berühren mit der Lichtflamme oder einem brennenden Spahne sich entzünden, und mit einem starken Knalle verbrennen. Bläst man auf die Oberfläche des Seifenwassers eine grofse Menge kleiner Blasen auf und zündet sie an; so entsteht ein so starker Knall, dafs man auf eine lange Weile harthörig davon wird. Es versteht sich von selbst, dafs man bei diesem Versuche die Oeffnung des Pfeifenrohrs vor der Berührung des Feuers in Acht nehmen mufs, weil sonst die Blase selbst entzündet würde.

Wenn man die Oeffnung einer mit Knall-Luft gefüllten Blase mit einem Korke verschliefst, in diesen zwei Glasröhren luftdicht einsetzt, durch welche zwei mit Wachs oder Siegellack eingeschmelzte Stahldräthe in die Blase geführt, und unten so gebogen sind, dafs ihre Enden nur eine halbe oder ganze Linie von einander abstehen, wie in Figur 10. Taf. II.; so kann man die Knall-Luft durch Elektricität, nach Belieben, in weiterer oder kürzerer Entfernung entzünden. Man kann die Blase in die freie Luft, z. B. an einen Baum, hängen, und feine Messingdräthe von den in die Glasröhren eingeschlossenen Stahldräthen in das Zimmer leiten, wo die Elektrisirmaschine steht. Leitet man den einen dieser Dräthe zur äufsern Belegung einer geladenen Flasche, und berührt den Kopf mit dem andern Drathe; so wird die Flasche durch die Messingdräthe entladen, so, dafs ein kleiner Funken zwischen den Enden der Stahldräthe innerhalb der Blase überspringt und das Gas augenblicklich entzündet, welches mit einem starken Knalle verbrennt. Es bildet sich dabei eine stark leuchtende Feuermasse, von der Gröfse und Gestalt der Blase, die besonders im Dunkeln ein sehr schönes Phänomen darbietet.

Selbst der einfache elektrische Funke entzündet das Wasserstoffgas, wie wir z. B. an der elektrischen Pistole sehen. Dieses Werkzeug kann ganz einfach aus Holz in Gestalt einer Kanone oder Haubitze, wie Fig. 11. Taf. II., gemacht werden; in der Mitte derselben bringt man zwei

einander gegenüberstehende Eisendräthe an, die sich äufserlich in kleinen Bleikugeln endigen. Hält man nun an die eine dieser Bleikugeln den Finger, und nähert die andere dem Conduktor einer Elektrisirmaschine, oder dem Dekkel eines Elektrophors; so springt der Funke innerhalb der Kanone zwischen den Dräthen über. Um die Kanone mit Gas zu füllen, stürzt man sie umgekehrt über die Oeffnung einer Flasche, in welcher man aus Eisenfeilspähnen und verdünnter Schwefelsäure das Gas entwickelt, und verkorkt sie dann auf's schnellste. Wenn man dann den elektrischen Funken durchgehen läfst, so entzündet sich das Gas, und treibt den Pfropf mit einem Knalle und einer kleinen Flamme heraus. Bisweilen geschieht keine Entzündung, weil man die Kanone bei der Füllung zu lange über der Oeffnung der Flasche gelassen hat, und sie daher blofs Wasserstoffgas enthält, dann darf man nur in die Oeffnung derselben blasen, wonach der Funke wieder zünden wird, weil das Wasserstoffgas dadurch wiederum den zum Verbrennen nöthigen Sauerstoff erhält.

Ein anderes Instrument zur Entzündung des Wasserstoffgases durch den elektrischen Funken, ist die elektrische Lampe, deren Beschreibung man im Anhange, Artikel: Lampe, finden wird.

Ein recht artiger Versuch, welcher die leichte Verbrennlichkeit und die gröfsere Leichtigkeit des Wasserstoffgases gegen die Luft zugleich beweist, ist folgender. Eine tubulirte Glasglocke wird über Wasser mit Wasserstoffgas gefüllt, und während dessen die Glocke allmählich so erhöht, dafs ihr Rand im Wasserspiegel steht. Der Hals der Glocke wird hierauf geöffnet und das Gas angezündet. Es brennt mit schwacher Flamme aus der Oeffnung fort; sobald man aber die Glocke aus dem Wasser heraushebt, und dadurch Luft zutreten läfst, so wird das Wasserstoffgas aus der oberen Oeffnung herausgetrieben, und brennt da mit einer 5, 6 bis 8 Zoll hohen Flamme, die nach einigen Augenblicken mit einem Knalle verlischt, ohne dafs der Glocke ein Schade geschieht. Die Ursache dieses Knalles entsteht daher, dafs die Luft, indem sie

das Wasserstoffgas austreibt, sich nach und nach mit der untern Schicht desselben vermischt und eine Art Knall-Luft bildet, die sich bei der Annäherung an die Flamme entzündet und auf einmal verbrennt. Der Schall bei allen diesen Versuchen rührt davon her, daſs das Wasser, welches durch die Verbrennung beider Gasarten entsteht, erhitzt und zu einem weit gröſseren Volumen, als die Gase einnehmen, ausgedehnt, aber auch augenblicklich wieder abgekühlt wird, und dadurch einen luftleeren Raum bildet, den die Luft gewaltsam wieder ausfüllt. Er wird also ganz auf dieselbe Weise erzeugt, wie der Knall, welcher entsteht, wenn man den Deckel eines gut verfertigten Federköchers schnell abzieht.

Wenn man Knall-Luft (z. B. mit der Compressionspumpe einer Windbüchse) zusammenpreſst, so wird während des Zusammendrückens desselben so viel Wärme aus dem Gase entwickelt, daſs das Gemisch sich dadurch entzündet, mit einem Knalle verbrennt, und das Gefäſs zersprengt. Geschieht aber das Zusammenpressen langsam, so daſs der Compressions-Apparat wieder abkühlen kann, wenn er warm zu werden anfängt, und besonders wenn man zuerst das Sauerstoff- und nachher erst das Wasserstoffgas hineinbringt; so lassen sich diese Gase ohne alle Gefahr comprimiren. Dieser Umstand hat Veranlassung zu Erfindung eines höchst merkwürdigen chemischen Instruments, des Newmannschen Gebläses, gegeben, welches ich im Anhange, Artikel: Gasbehälter, näher beschrieben habe. In diesem Instrumente wird die Knall-Luft zusammengedrückt, und dann durch ein ganz feines Rohr herausgelassen und vor der Oeffnung angezündet. Hier brennt es nun mit Hervorbringung der gröſsten Hitze fort, welche sich durch Kunst nur erzeugen läſst, so daſs fast alle Körper, die man in die Flamme bringt, schmelzen oder verflüchtiget werden. Wenn das Rohr fein und enge genug ist, besonders dann, wenn man das Gas, ehe es in das Ableitungsrohr tritt, erst durch ein weiteres, mit runden Scheiben von feinem Messingdrath einen Zoll lang ausgefülltes Rohr streichen läſst; so kann das Ver-

brennen des Gases nicht rückwärts wirken, weil die Gase durch die Metalle so abgekühlt werden, daſs der Versuch ohne alle Gefahr vorgenommen werden kann. Verabsäumt man aber diese Vorsichtigkeits-Maaſsregeln, so wird der Behälter, worin das Gas eingeschlossen ist, mit einem furchtbaren Knalle zertrümmert und das Leben des Experimentators in Gefahr gesetzt.

Der Wasserstoff kann sich mit dem Sauerstoffe in zwei verschiedenen Verhältnissen verbinden. Das erste Oxyd desselben bildet das Wasser, welches aus 2 Maaſstheilen Wasserstoffgas und 1 Maaſs Sauerstoffgas, oder, dem Gewichte nach, aus 88,91 Th. Sauerstoff und 11,09 Wasserstoff besteht. Das zweite Oxyd gehört zu derjenigen Klasse von oxydirten Körpern, die wir Superoxyde nennen, und besteht aus 1 Volumen Wasserstoffgas und 1 Volumen Sauerstoffgas, oder, dem Gewichte nach, aus 94,13 Sauerstoff und 5,87 Wasserstoff. Ich werde beide unter dem Artikel: Wasser, beschreiben.

Die geringe Schwere des Wasserstoffgases gab Anlaſs zu den Luftschifffahrts-Versuchen — der Aëronautik. — Man vergnügte sich lange damit, Seifenkugeln, mit Wasserstoffgas gefüllt, in der Luft emporsteigen zu lassen, bis es endlich den Gebrüdern Stephan und Joseph Montgolfier, Eigenthümern einer Papiermühle zu Annonay in Frankreich, gelang, durch erhitzte Luft eine kleine aërostatische Maschine aufsteigen zu lassen. Sie schrieben aber das Aufsteigen des Ballons weniger der erhitzten und dadurch specifisch leichter gewordenen Luft, als vielmehr einer eigenen leichteren Gasart zu, welche sich durch das Verbrennen aus gekämmter Wolle entwickeln sollte, die sie mit den Brennmitteln vermengten. — Professor Charles in Paris lieſs den ersten mit Wasserstoffgas gefüllten Ballon aufsteigen, und Pilatre de Rozier und der Marquis d'Arlande waren die Ersten, die eine Luftfahrt wagten. Seitdem ist dieses physisch-chemische Schauspiel an den meisten Orten Europens nachgeahmt worden. Die zur Luftschifffahrt üblichen, mit Wasserstoffgas gefüllten Ballons, werden von Taffet gemacht, der erst ge-

hörig zugeschnitten und hernach mit einem, aus Leinöl und Vogelleim zusammengekochten und dann mit Terpenthin verdünnten Firniſs überstrichen wird. Die zugeschnittenen Stücken werden mit starken Näthen dicht zusammengenäht, und diese sodann mit demselben Firnisse gut überzogen. Der kleinste Taffet-Ballon, den man aufsteigen lassen kann, muſs 3 Fuſs 4 Linien im Durchmesser haben. Von Postpapier kann man einen Ballon von 9 Zoll 2 Linien Durchmesser zum Aufsteigen bringen; allein er fällt bald wieder nieder, weil das Gas leicht durch das Papier durchdringt. Zu kleinen Versuchen macht man sie am besten aus Goldschlägerhäutchen, doch müssen sie wenigstens 6 Zoll und darüber im Durchmesser haben.

Ein Ballon kann nicht eher zu steigen anfangen, als bis er einen solchen Umfang erhalten hat, daſs das eingeschlossene Gas und das Zeuch, woraus er besteht, zusammengenommen, weniger wiegen, als ein gleich groſses Volumen atmosphärischer Luft. Z. B. ein kleiner Aërostat von Goldschlägerhaut, von 6 Zoll Durchmesser, wird etwa 35 bis 36 Gran, das darin eingeschlossene Gas aber 5 Gran wiegen, und daher sein absolutes Gewicht nach der Füllung 41 Gran betragen. Das Volumen atmosphärischer Luft hingegen, welches diesen 5 Gran Wasserstoffgas nebst dem einschlieſsenden Häutchen entspricht, wiegt 50 bis 51 Gran, und da folglich der kleine Aërostat um 10 Gran leichter als die Luft ist, so muſs er mit der Kraft dieser 10 Gran aufsteigen, und schon eine Last von einigen Granen tragen können. Je gröſser der Ballon wird, desto mehr vermindert sich die Schwere des Zeuches, im Vergleich gegen das eingeschlossene Gas, und desto gröſsere Lasten kann er tragen. Ein Ballon von 20 Fuſs Durchmesser hat Raum für 4190 Cubikfuſs Wasserstoffgas, und trägt, auſser dem Ballon selbst, noch 255 Pfund, das Gewicht der Schnüre und der Gondel eingerechnet. Bei 30 Fuſs Durchmesser faſst er 14,142 Cubikfuſs Gas und trägt 928 Pfund. Auf jeden Cubikfuſs Gas rechnet man einen Aufgang von 6 Unzen Eisen,

6 Unzen Schwefelsäure und 30 Unzen Wasser. — Die Gasentwickelung geschieht in grofsen Tonnen, aus welchen das Wasserstoffgas mittelst verzinnter blecherner Röhren in einen, mit Wasser gefüllten, gemeinschaftlichen Behälter, unter eine umgestürzte Tonne geführt wird, wie Fig. 12. Taf. II. es darstellt. Das Wasser reiniget theils das Gas von den bei sich führenden Unreinigkeiten der Säure u. s. w., theils verhindert es, dafs, wenn etwa eine Tonne geöffnet wird, aus den übrigen nichts heraustritt. Aus der umgestürzten Tonne wird das Gas darauf in den Ballon geleitet, der vorher von atmosphärischer Luft wohl befreit worden sein mufs. Zu gröfseren Ballons mufs man 16 bis 20 dergleichen Tonnen anwenden, besonders wenn man mit dem Versuche schnell zu Stande kommen will, wobei aber allerdings bedeutender Verlust entsteht. Zur Auflösung in der Säure nimmt man gewöhnlich Nägel; allein das Gas, welches man auf diese Weise erhält, ist sehr schwer und selten über 6 bis 8 mal leichter als die atmosphärische Luft. Neulich hat Green, ein Engländer, mit Vortheil das zur Gaserleuchtung durch Destillation von Steinkohlen erhaltene Gas zu Luftschiffungsversuchen benutzt. Ein Ballon von 3 Fufs Durchmesser, mit diesem Gase gefüllt, war 11 Unzen leichter als die atmosphärische Luft. Mit auf vorhin angeführte Weise bereitetes Wasserstoffgas gefüllt, war der Ballon 17 Unzen leichter als die atmosphärische Luft. Die Kosten, ihn damit zu füllen, waren aber mehr als 20 mal gröfser.

Das Wasserstoffgas kann, weil es selbst brennbar ist, das Verbrennen anderer brennbarer Körper und das Athemholen der Thiere nicht unterhalten. Ein hineingehaltener brennbarer Spahn verlöscht darin sogleich. Sperrt man ein Thier in reinem Wasserstoffgase ein, so stirbt es zwar nicht augenblicklich; allein da sein Blut während des Athmens nicht die Veränderung, wie in der atmosphärischen Luft, erleidet, so wird es nach einer Weile kränklich und stirbt. Nimmt man dasselbe, noch ehe alle Zeichen des Lebens verschwunden sind, heraus, so kann es wieder zum Leben gebracht werden, besonders

wenn man es in reines Sauerstoffgas bringt. In einer Atmosphäre, die aus Sauerstoffgas und, statt des Stickstoffgases, aus Wasserstoffgas zusammengesetzt ist, wird man nach einer Weile schläfrig, ohne ein sonstiges Zeichen von Uebelbefinden zu spüren. Allen und Pepys fanden, dafs Meerschweine, die man in einer solchen Atmosphäre liefs, endlich in einen tiefen Schlaf verfielen. Man hat Beispiele, dafs Menschen, die längere Zeit ein Gemenge von Wasserstoffgas und atmosphärischer Luft einathmeten, davon jedesmal in Schlaf fielen. — War das Wasserstoffgas unrein, z. B. gekohlt oder geschwefelt, so sterben die Thiere darin augenblicklich und können nicht wieder in's Leben gebracht werden. Menschen können ohne Nachtheil eine lange Weile Wasserstoffgas einathmen, besonders wenn es ein wenig atmosphärische Luft enthält.

Das Wasserstoffgas ist im Wasser beinahe völlig unauflöslich; man kann sich daher zum Auffangen desselben des Wassers bedienen und das Quecksilber ganz entbehren.

2. Stickstoff.

Der Stickstoff läfst sich, wie der Sauer- und Wasserstoff, nur in Gasgestalt darstellen, und macht in diesem Zustande fast $\frac{4}{5}$ unserer Atmosphäre aus. Er ist übrigens ein Bestandtheil einiger Mineralien, mehrerer Vegetabilien und der meisten thierischen Körper.

Der Stickstoff macht den brennbaren Bestandtheil der Salpetersäure aus, die ihren Namen von einem Salze, dem Salpeter, hat, aus welchem dieselbe bereitet wird. Bei Bildung der chemischen Nomenclatur war man nicht völlig gewifs darüber, ob der Stickstoff ein einfacher Körper sei, er behielt daher den alten Namen der Säure bei; auch haben noch jetzt unsere vermehrten Erfahrungen die Zweifel über die Einfachheit des Stickstoffs nicht völlig gehoben.

Man erhält ihn am leichtesten durch Ausscheidung

aus der atmosphärischen Luft mittelst brennbarer Körper, welche sich mit dem Sauerstoffe der Luft verbinden. Weil aber dabei die brennbaren Körper sich theils mit dem Stickstoffe vereinigen, theils neue gasförmige Stoffe bilden; so erhält man dadurch das Stickstoffgas selten rein.

1) Am reinsten erhält man es, wenn man Blei mit so vielem Quecksilber zusammenmengt, dafs sie ein flüssiges Gemenge (Bleiamalgam) bilden, damit eine Flasche bis zu $\frac{1}{3}$ anfüllt, diese vollkommen luftdicht verkorkt, und die eingeschlossene Luft mit dem flüssigen Metallgemenge zwei Stunden und länger durchschüttelt. Das durch Zusatz des Quecksilbers flüssig gewordene und durch das Schütteln fein vertheilte Blei wird dabei auf Kosten der Luft oxydirt und der Stickstoff bleibt rein zurück. Wird die Flasche dann unter Wasser oder Quecksilber geöffnet, so drängt sich dieses hinein und füllt den Raum des verzehrten Sauerstoffgases aus.

2) Wenn man eine kleine Spirituslampe anzündet, dieselbe in einem grofsen Gefäfse auf Wasser schwimmen läfst und eine Glasglocke darüber stellt, so verzehrt der brennende Alkohol den Sauerstoff aus der in der Glocke eingeschlossenen Luft, und verlöscht, wenn nur noch Stickstoff vorhanden ist. Es wird aber dabei durch die Kohle des Alkohols zugleich etwas kohlensaures Gas gebildet und dadurch das Stickstoffgas verunreiniget. Doch kann es wieder weggeschafft werden, wenn man das Gas mit Kalkwasser durchschüttelt, oder unter das Wasser, womit das Stickstoffgas gesperrt wird, ein wenig ätzendes Ammoniak mischt, welches die Kohlensäure einsaugt. Das auf diese Weise erlangte Stickstoffgas ist indessen doch nicht ganz von Sauerstoff frei, weil der Alkohol verlöscht, ehe der letzte Theil des Sauerstoffgases der Luft den Docht erreichen und von diesem verzehrt werden kann.

3) Man läfst eine Theetasse auf Wasser schwimmen, legt ein Stückchen Phosphor darauf, zündet dieses an und deckt schnell eine Glasglocke darüber. Zu einer Glocke, die 50 Cubikzoll Luft in sich fafst, mufs man 4 bis 5

Gran Phosphor anwenden. Der Phosphor verzehrt den Sauerstoff der Luft vollkommen, und bildet dabei einen dicken weifsen Rauch von Phosphorsäure, der sich nachher absetzt und im Wasser auflöst. Das erhaltene Stickstoffgas ist ziemlich rein, enthält aber noch Dämpfe von Phosphor, wenn dieser in Ueberschufs angewendet worden ist.

4) Wenn man in einer Retorte Fleisch mit $\frac{1}{4}$ soviel Salpetersäure, von gewöhnlicher Stärke, (Scheidewasser) übergiefst, und dann das Gemenge bis zu 20° oder 30° erhitzt; so entwickelt sich aus dem Fleische Stickstoffgas, welches man auf die, beim Wasserstoffgas beschriebene Weise auffangen kann. Es ist jedoch von etwas Stickstoffoxydgas verunreiniget, wovon man es indessen durch Schütteln mit einer Auflösung von grünem Eisenvitriol befreien kann. Erhitzt man das Fleisch über die angegebenen Grade hinaus, so erhält man fast gar kein Stickstoffgas.

Die beste Art, Stickstoffgas in gröfserer Menge einigermafsen rein zu erhalten, ist, in liquides kaustisches Ammoniak (welches aus Wasserstoff und Stickstoff besteht) Chlorgas zu leiten, wobei sich dieses mit dem Wasserstoffe zu einer Säure verbindet, die mit einem Theile des Ammoniaks in Verbindung tritt und ein Salz bildet, das salzsaures Ammoniak oder Salmiak genannt wird. Der Stickstoff dagegen, der sich vom Wasserstoffe trennt, nimmt Gasgestalt an und steigt aus der Flüssigkeit mit einer Art Aufbrausen auf, und kann aufgesammelt werden, wenn das Gas durch eine Glasröhre in eine mit Wasser oder Quecksilber gefüllte Flasche geleitet wird. Wenn das liquide kaustische Ammoniak concentrirt und das Chlorgas rein ist, so sieht man oft die eingehenden Gasblasen das Ammoniak mit Feuerentwickelung und Hervorbringung von kleinen Explosionen innerhalb der Flüssigkeit zersetzen, welche indefs ohne alle Gefahr sind, denen man aber vorbeugen kann, wenn das Ammoniak mit Wasser verdünnt wird. Bei diesem Versuche mufs man das Ammoniak stets im Ueberschusse anwenden, weil

sich sonst, wenn alles Ammoniak in Salmiak verwandelt ist, auch der Stickstoff mit Chlor zu einem Körper verbindet, der sehr gefährlich zu handhaben ist, und welchen ich beim Chlor näher beschreiben werde.

Das Stickstoffgas kann auch in ziemlicher Menge und frei von allen fremdartigen Beimengungen gewonnen werden, wenn man salpetrichtsaures Ammoniak, in Wasser aufgelöst, bis zum Kochen erhitzt, wobei das Salz zerlegt und in Wasser und Stickstoffgas verwandelt wird.

Das Stickstoffgas ist schwer zu erkennen, weil es sich durch keine recht ausgezeichneten Merkmale von anderen Gasen unterscheiden läfst, sondern nur durch die ihm fehlenden Eigenschaften erkannt werden kann.

Der Stickstoff ist leichter, als die atmosphärische Luft; sein eigenthümliches Gewicht ist, nach Dulongs und meiner Wägung, = 0,976. Seine Strahlenbrechung verhält sich zu der der Luft = 1,03408 : 1,000, und seine absolute Strahlenbrechung beträgt 0,000590436 nach Biot. Seine eigenthümliche Wärme kommt der der Luft so nahe, dafs sie zu 1,000 angenommen wird; mit einem gleichen Gewichte von Luft verglichen, verhält sie sich aber wie 1,0318 : 1000, und mit einem gleichen Gewichte Wasser verglichen, ist sie = 0,2754. — Der Stickstoff kann das Verbrennen und Athmen nicht unterhalten, und eine atmosphärische Luft, die ihres Sauerstoffs beraubt ist, verlöscht brennende Körper und erstickt Thiere. Daher hat auch dieses Gas seinen Namen erhalten. Indefs ist es nicht positiv tödtlich; ein Thier kann darin, wie im reinen Wasserstoffgase, eine Weile leben, und stirbt nicht an der Schädlichkeit des Stickstoffs, sondern wegen Mangel des Sauerstoffs. Man glaubte einige Zeit lang, das Stickstoffgas werde durch das Athmen vom Blute eingesogen; spätere genaue Versuche haben diefs widerlegt. Allen und Pepys fanden bei den angeführten Versuchen, die sie über das Athmen der Meerschweinchen in einer Atmosphäre von Wasserstoffgas und Sauerstoffgas anstellten, dafs Stickstoffgas aus dem Blute verdünste, und zuweilen betrug das so erhaltene Stickstoffgas mehr als das Volumen des

Thieres. Dulong und Despretz haben nachher gezeigt, dafs, bei dem gewöhnlichen Athmen in der atmosphärischen Luft, Stickstoffgas, wiewohl in kleiner Menge, immer aus dem Blute entwickelt werde.

Das Stickstoffgas wird nur in sehr geringer Menge von Wasser und Alkohol eingesogen. Nach de Saussure's Versuchen, nehmen beide nur 4,2 Procent ihres Volumens davon auf. — Der Stickstoff ist an sich brennbar, unterscheidet sich aber von anderen brennbaren Körpern dadurch, dafs er ohne Beimischung eines andern brennbaren Körpers sich nicht entzünden, noch brennen kann, weil er eine sehr schwache Verwandtschaft zum Sauerstoff hat, vielmehr alle Oxydationsstufen des Stickstoffs durch verwickelte Operationen, und gewöhnlich stets bei niedrigen Temperaturen und bei der Zerstörung thierischer Stoffe gebildet werden. Ist aber der Stickstoff einmal in Stickstoffgas verwandelt, so ist es sehr schwer, ihn mit Sauerstoff zu verbinden.

Cavendish giebt an, dafs man aus einem Gemenge von Sauerstoffgas und Stickstoffgas Salpetersäure hervorbringen könne, wenn man atmosphärische Luft mit 4 mal so vielem feuchten Sauerstoffgas vermische und einen elektrischen Schlag hindurch leite. Es verbrennt dann eine kleine Portion Stickstoff in dem Punkte, wo der Schlag durchgeht, und verwandelt sich in Salpetersäure, wobei ein Atom des Gases verschwindet. Wenn man den elektrischen Schlag einige 100 Male erneuert, so kann man auf diese Weise so viel Salpetersäure erzeugen, dafs sie wahrnehmbar wird, und z. B. die Lakmustinktur röthet, oder, von einer Kaliauflösung eingesogen, salpetersaures Kali (Salpeter) giebt.

Die Ursache, warum hierbei nicht die ganze Menge Stickstoffgas auf einmal, wie es beim Wasserstoffgas der Fall ist, sondern nur derjenige Theil verbrennt, durch welchen der elektrische Funke durchgeht, liegt darin, dafs das Stickstoffgas, wie alle andere brennbare Körper, eine höhere Temperatur zum Verbrennen erfordert; da nun durch die Vereinigung des Stickstoffgases mit Sauerstoffgas die Temperatur wenig oder gar nicht erhöht wird,

und nahe gelegene Theile des Gasgemenges also auch dadurch nicht erhitzt werden, so kann nur der Theil brennen, dessen Temperatur durch den Schlag des Funkens unmittelbar erhöht wird. Ganz dasselbe tritt ein, wenn man einen geringen Theil Wasserstoffgas mit atmosphärischer Luft mengt und den elektrischen Schlag durchleitet. Die ganze Masse kann sich da nicht entzünden, sondern nur derjenige Theil, durch welchen der Schlag durchgeht; denn die geringe Wärme, welche das verdünnte Wasserstoffgas vom Sauerstoffgase losreifst, wird sogleich von dem nächsten Gasgemenge wieder eingesaugt, wodurch das darin enthaltene Wasserstoffgas nicht bis zum Brennen hinreichend erhitzt werden kann.

Mischt man dagegen 1 Gewichtstheil Stickstoffgas mit 2 Gewichtstheilen Wasserstoffgas, das heifst, 1 Maafs Stickstoff- mit 13 bis 14 Maafsen Wasserstoffgas, und läfst dieses Gasgemenge in einer, zur Oxydation beider Gase hinlänglichen Menge Sauerstoffgas in kleinen Portionen verbrennen, so entzieht dabei der Wasserstoff dem Sauerstoffe soviel Wärmestoff, dafs selbst das Verbrennen des Stickstoffs dadurch unterhalten wird, und man ein Gemenge von Wasser- und Salpetersäure erhält. Der Versuch gelingt am besten, wenn man beide Gasarten aus einem und demselben Rohre herausgehen läfst und sie in einem ähnlichen Apparate verbrennt, wie ich ihn weiter oben beim Verbrennen des Wasserstoffgases zu Wasser beschrieben habe. In diesen Fällen wirkt indessen ein bis jetzt noch nicht beachteter Umstand mit ein, dafs nämlich Salpetersäure nur dann erzeugt wird, wenn Wasser oder ein anderer oxydirter Körper vorhanden ist, mit welchem sie sich verbinden kann, so dafs es nicht blofs Erhöhung der Temperatur, sondern auch die Anwesenheit des Wassers ist, die ihre Bildung befördert.

In dem Umstande, dafs durch die Vereinigung des Sauerstoffes mit dem Stickstoffe die Temperatur nicht besonders erhöhet wird, hat man die Ursache zu finden geglaubt, warum Körper, welche auf Kosten der Salpetersäure oder salpetersaurer Salze verbrennen, eine fast eben

so hohe Temperatur entwickeln, als wenn sie im reinen Sauerstoffgase brennten.

Der Stickstoff kann mehrere Mengen Sauerstoff aufnehmen; er besitzt 4 Oxydationsstufen: ein Oxydul, ein Oxyd, eine unvollkommene und eine vollkommene Säure. Die ersteren beiden sind gasförmig, und es soll von ihnen, wie von den Säuren, weiter unten gesprochen werden.

Der Stickstoff verbindet sich mit Wasserstoff in mehreren Verhältnissen, aber diese Verbindungen können nicht unmittelbar bewirkt werden. Die bekannteste ist das Ammoniak, welches aus 1 Volumen Stickstoff und 3 Volumen Wasserstoff besteht. Dieser Körper ist eine Salzbasis, d. h. er giebt Salze in Verbindung mit Säuren. Durch die Wirkung der Entladung der elektrischen Säule kann das Ammoniak an dem negativen Pole noch ein Volum Wasserstoff mehr aufnehmen, und bildet dann einen zusammengesetzten metallischen Körper, der indefs nur in Verbindung mit Quecksilber erhalten werden kann. Sowohl das Ammoniak als den metallischen Körper, der aus demselben entsteht, werde ich bei den alkalibildenden Metallen beschreiben. Hier will ich nur auf den Umstand aufmerksam machen, dafs Stickstoff mit Sauerstoff eine der stärksten Säuren und mit Wasserstoff ein Alkali bildet, das heifst, einen in elektrisch-chemischer Hinsicht den Säuren ganz entgegengesetzten Körper. Durch dieses Verhältnifs unterscheidet sich der Stickstoff von allen andern brennbaren Körpern, und es ist diefs ein Räthsel, das wir noch nicht aufzulösen vermögen. Wir werden bald Körper kennen lernen, welche sich sowohl mit Wasserstoff als Sauerstoff verbinden können und bei denen sich diese beiden Verbindungen wie Säuren verhalten. Wir müssen uns da immer die Frage aufwerfen: was kann wohl die Ursache sein, dafs der Stickstoff, in seiner Vereinigung mit Wasserstoff, seine Natur verändert?

Es ist schon längst die Frage aufgeworfen, ob der Stickstoff ein einfacher Körper sei, oder nicht; auch ist

sie bis jetzt noch nicht hinlänglich entschieden. Göttling fand, dafs Phosphor in einem vollkommen reinen Stickstoffgase leuchtete, und da dieses Leuchten von einem langsamen Verbrennen des Phosphors herrührt, so glaubte er, dafs das Stickstoffgas aus Licht und Sauerstoff bestehe. Man wiederholte seine Versuche, und glaubte jedesmal zu finden, dafs Stickstoffgas, in welchem der Phosphor leuchtete, mit Sauerstoffgas und Wasser verunreiniget sei, auf deren Kosten er verbrenne und leuchte. Seitdem hat man die Erfahrung gemacht, dafs sowohl der Phosphor als der Schwefel beim Verdunsten ein schwaches Licht verbreiten, und Böckmann hat gezeigt, dafs Phosphor wirklich in reinem Stickstoffgas leuchte, dafs dieſs aber aufhöre, sobald das Gas mit Phosphordämpfen angefüllt sei; eben so wird durch eine sehr geringe Beimischung eines fremden Stoffes, z. B. von Stickstoffoxydgase, geschwefeltem Wasserstoffgase u. d. m., diese Erscheinung verhindert. Böckmann schlofs das Stickstoffgas in feuchte Pferdedärme ein, und liefs es durch eine Glasröhre, worin Phosphor lag, hin und her streichen, wobei er fand, dafs das Gas allmählich verschwand und der Phosphor in Säure verwandelt wurde. Man hat jedoch seitdem gefunden, dafs äufsere Luft in das Wasser eindringe, womit die Därme angefeuchtet sind, und dafs eben so, wie das Stickstoffgas von innen nach aufsen durch das Wasser hindurchdringe, auch Sauerstoff aus der Luft von aufsen nach innen eindringe, auf dieselbe Weise, wie dieſs, wo von der Absorption der Gasarten durch Wasser die Rede sein wird, näher entwickelt werden soll.

Dessen ungeachtet haben spätere Versuche über die chemischen Proportionen, verglichen mit der Reduction des Ammoniaks zu einem metallartigen Körper (wovon weiter unten), zu der Vermuthung Anlafs gegeben, dafs der Stickstoff ein zusammengesetzter Körper sei und ein eigenthümliches brennbares Radikal, für welches ich die Benennung: Nitricum, vorgeschlagen habe, enthalte. Das Stickstoffgas würde dann die erste Oxydationsstufe, ein Suboxyd von Nitricum, sein und zur Hälfte

sei-

seines Volumens aus Sauerstoff, zur anderen Hälfte aus Nitricum, oder, dem Gewichte nach, in 100 Theilen aus 56,414 Theilen Sauerstoff und 43,586 Nitricum bestehen. Wir werden aber bei der Beschreibung des Ammoniums im 2ten Theil sehen, wie man die hier angedeuteten Versuche, ohne den Stickstoff als zusammengesetzt anzunehmen, erklären kann. Um indefs keinen von den Umständen zu verschweigen, welche in diesem Falle beitragen, unser Urtheil wankend zu machen, mufs ich auch die Schlüsse hinzufügen, welche man aus der Entwickelung des Stickstoffs in dem Körper der Thiere, besonders der pflanzenfressenden, gezogen hat. Diese leben von einer Nahrung, in welcher der Stickstoff gewifs nicht ganz fehlt, in welcher er sich aber nur in höchst unbedeutender Menge vorfindet, während doch die Materien, die in dem lebenden Körper daraus gebildet werden, ausgezeichnet reich an Stickstoff werden, der dann aus dem Körper, theils durch das Athmen in Form von Stickstoffgas, theils durch die Excretionen, zumal den Urin, dessen Bestandtheile, der Harnstoff und die Harnsäure, die stickstoffreichsten thierischen Materien ausmachen, weggeschafft wird. Um aber aus allen diesen Wahrscheinlichkeiten den Schlufs ziehen zu können, dafs der Stickstoff durch die Mitwirkung des Lebens aus Materien gebildet werde, welche ihn zuvor nicht enthielten, ist es erforderlich, dafs eine scharfe, mit aller Umsicht angestellte und lange fortgesetzte Vergleichung zwischen dem Gehalt von Stickstoff in der Nahrung eines Thieres und in den Stoffen, welche vom Körper ausgesondert werden, angestellt werde. So lange diefs nicht geschehen ist, können Wahrscheinlichkeiten leicht irre führen; aber es fehlt wenigstens nicht an Gründen, von einer solchen Vergleichung wichtige Resultate erwarten zu dürfen.

3. Schwefel.

Der Schwefel kommt sehr häufig in der Natur vor; theils rein, in fester Form, und in länglichen Octaëdern

und in anderen, aus diesen entspringenden Gestalten krystallisirt; theils verbunden mit Metallen, theils mit Sauerstoff in verschiedenen schwefelsauren Salzen, und theils mit anderen einfachen Körpern als Bestandtheil der Pflanzen und Thiere, in welchen er sich jedoch nur in sehr geringer Menge findet.

Man erhält den Schwefel gereiniget, theils von der Natur, bei Vulcanen, theils durch die Kunst auf die Weise, dafs man ihn aus seiner Vereinigung mit Metallen, besonders mit Eisen, ausscheidet. Das geschwefelte Eisen kommt ziemlich häufig in der Natur vor und wird Schwefelkies genannt. Man erhält den Schwefel daraus durch Destillation in grofsen, länglichen, cylindrischen Gefäfsen, die theils aus Eisen, wie auf dem Schwefelwerke zu Dylta in Schweden, theils aus Töpfergut, wie an mehreren Orten Deutschlands, verfertiget sind. Diese werden in einem besonders dazu errichteten Ofen in horizontaler Stellung eingemauert, und an der Oeffnung derselben werden kleine eiserne Kolben eingekittet. Wenn der Schwefelkies in diesen Destillations-Gefäfsen bis zu einem gewissen Grade erhitzt ist, verflüchtiget sich ein grofser Theil seines Schwefels und sammelt sich in den kleinen Eisenkolben, welche kühl erhalten werden. Nebenbei siekert ein Theil Schwefel durch die Masse des Kolbens durch. Dieser heifst Tropfschwefel und ist ganz rein. Der im Kolben selbst angelegte Schwefel wird nachher herausgenommen, umgeschmolzen und in besonderen Holzformen zu Stangen ausgegossen. Dieſs ist der im Handel vorkommende Stangenschwefel.

Zu Fahlun und bei Oester-Silfberg, in Dalekarlien, wird der Schwefel auf eine weit ökonomischere Weise bereitet, welche, da sie nunmehr bekannt worden ist, die zu Dylta gebräuchliche, unnöthigerweise Holz verwüstende Methode wohl verdrängen wird. Man setzt nämlich den Schwefelkies in eigene Oefen ein, welche lange, liegende Schornsteine haben, die zunächst am Ofen von Ziegeln gemauert, übrigens aber aus Holz gebaut sind. Die Schwefelkiese werden im Ofen angezündet und

brennen dann von selbst fort. Durch die dabei erzeugte Hitze wird der Schwefel ausgetrieben und folgt dem aufsteigenden Rauche, setzt sich aber in den Holzschlotten, durch welche er ziehet, ab. Im Schwefelkiese ist das Eisen mit zwei Theilen Schwefel vereiniget, wovon der eine Theil durch Erhitzung ausgetrieben werden kann. Wird der Schwefelkies unten angezündet, so wird in dem zunächst darüber befindlichen Lager die eine Hälfte des Schwefels ausgetrieben, welcher als Dampf weggeht, und hierauf, wenn die Hitze näher kommt, entzündet sich und verbrennt das Eisen zugleich mit der anderen Hälfte des Schwefels, und durch die hierdurch erregte Hitze destillirt der Schwefel aus dem zunächst darüber liegenden Schwefelkiese, was auf ähnliche Art immer weiter aufwärts geht, so lange noch vom Kiese unverbrannt zurück ist. Wenn diese Operation ohne allen Verlust vor sich ginge, so würde die eine Hälfte des Schwefels in dem Rauchfange sublimirt erhalten werden, während die andere, in schwefelsaures Gas verwandelt, wegginge; aber man erhält weit weniger Schwefel als die Theorie voraussetzt, weil viel davon verbrennt. Der erhaltene Schwefel ist mehlförmig und sehr unrein. Er wird durch Destillation in eisernen Gefäfsen gereinigt.

In manchen Gegenden von Sicilien und Italien findet sich der natürliche oder gediegene Schwefel in solcher Menge, dafs er durch Bergbau gewonnen und als Handelswaare verführt wird, und zwar theils ohne weitere Reinigung, theils nach vorgängiger Destillation, welche in irdenen Krügen geschieht, von deren oberem Theile ein gekrümmtes Rohr ausgeht, welches den verflüchtigten Schwefel in eine, stets kühl gehaltene Vorlage führt.

Der Schwefel hat eine schöne hellgelbe Farbe, und der krystallisirte gediegene ist zugleich halbdurchsichtig. Der Stangenschwefel ist zuweilen hellgrau und äufserst unrein.

Der Schwefel hat grofse Neigung zu krystallisiren, und kann dabei, nach Mitscherlichs Versuchen, zwei verschiedene, von einander unabhängige Formen anneh-

men. Die eine ist ein längliches Octaëder mit rhombischer Basis; so schiefst der gediegene Schwefel an, und solche Krystalle erhält man auch, wenn Schwefel in Schwefelkohlenstoff oder Chlorschwefel aufgelöst und die Auflösung langsam verdampft wird. Diese Krystalle sind immer durchsichtig. Die andere Form ist ein schiefes Prisma mit rhombischer Basis *), und wird erhalten, wenn Schwefel geschmolzen, und, nachdem er auf der Oberfläche und an den Seiten gestanden ist, in die erstarrte Fläche ein Loch gemacht wird, wodurch man schnell den noch flüssigen Theil ausfliefsen läfst, worauf man die innere Seite mit langen prismatischen Krystallen bekleidet findet. Sie sind undurchsichtig, wie Stangenschwefel und überhaupt wie aller zu schnell fest gewordener Schwefel.

Das specifische Gewicht des reineren Schwefels ist 1,98; der unreinere aber ist bis 2,35 schwer. Er ist hart, giebt einen eigenen Geruch beim Reiben, und einen schwachen Geschmack, wenn man ihn lange auf der Zunge behält. Durch Reiben wird er elektrisch und springt bei schneller Erwärmung von einander. Daher knistert ein Stück Schwefel, wenn man es in die warme Hand nimmt. Der Schwefel schmilzt bei + 100° oder bei der Wärme des siedenden Wassers; bei + 104½ Grad ist er völlig flüssig und durchscheinend, nimmt aber beim Abkühlen seine gelbe Farbe wieder an. Erhitzt man den Schwefel noch höher, so wird er allmählich braun, zähe und verliert bei + 165° seinen flüssigen Zustand ganz; beim Er-

*) Zur richtigen Beschreibung der Krystallform eines Körpers ist es nothwendig, die Winkel des Krystalls, das heifst die Neigung der Flächen gegen einander, anzugeben. Die Kenntnifs von den Krystallformen der Körper ist in neueren Zeiten, sowohl für den Chemiker als den Mineralogen, äufserst wichtig geworden, und macht ein ganz eigenes Studium aus. In dieser Arbeit gebe ich nur im Vorbeigehen das Allgemeine der Krystallformen an, wenn solches erforderlich ist, und verspare die besondere, genauere Beschreibung für den Anhang im letzten Theile, Artikel: Krystallographie, welchen einer der vorzüglichsten Krystallographen unserer Zeit, Hr. Professor Mitscherlich, für das Lehrbuch auszuarbeiten, mir die Freundschaft erzeigt hat.

kalten aber verschwindet die braune Farbe und der Schwefel wird wieder dünnflüssig. Schmilzt man den Schwefel lange, oder setzt man ihn schnell einer sehr erhöhten Temperatur aus, und gießt ihn dann in Wasser aus; so erhält man eine teigige braune Masse, die erst nach einiger Zeit ihre Festigkeit und Farbe wieder erlangt. Man kann dieselbe formen und zu Münzabdrücken gebrauchen, welche in der Luft allmählich erhärten; sein specifisches Gewicht soll sich dann bis zu 2,32 erhöhen.

Erhitzt man den Schwefel in verdeckten Gefäßen bis zu 143°, so wird er in ein pomeranzenfarbiges Gas verwandelt, welches sich bei dieser Temperatur gasförmig erhält. Mehrere Metalle brennen in diesem Gase, wie in Sauerstoffgas, und einige, welche nicht in Sauerstoffgas brennen, brennen lebhaft im Schwefelgase, z. B. Kupfer und Silber. Wenn man einen langhalsigen Glaskolben, in welchen man Schwefel gelegt hat, erhitzt, und, wenn der Kolben mit Schwefelgas erfüllt ist, dünne Bleche oder Blätter von Silber oder Kupfer hineinbringt, so entzünden sich dieselben und verbrennen, und das Product ist eine Verbindung von Schwefel mit dem Metalle. Die Ursache des Feuers ist hier dieselbe, als wenn Körper in Sauerstoffgas brennen. Hare hat eine Methode aufgefunden, um mit Leichtigkeit die Verbrennung der Metalle in Schwefelgas zu zeigen. Man nimmt ein Flintenrohr, erhitzt das Schwanzschraubenende zum Glühen, und wirft ein Stück Schwefel hinein, der sich sogleich in Gas verwandelt. Man bläst dann dieses Gas langsam durch das Zündloch. Hält man nun einen Metalldrath davor, so entzündet er sich, brennt und verwandelt sich in Schwefelmetall. Das Schwefelgas brennt selbst in Berührung mit der Luft, und dadurch wird das Metall hinlänglich stark erhitzt, um sich in dem noch unverbrannten Theile zu entzünden. Die Verbrennung von Eisendrath auf diese Weise ist besonders brillant. Das Schwefelgas, entweder durch kalte Luft, oder durch Berührung von kalten Körpern condensirt, setzt sich in Form eines hell citrongelben Mehles ab, welches man Schwefelblu-

men nennt. Wenn man den Schwefel bis zu +316° erhitzt, so geräth er völlig in's Kochen. Auf diese Weise wird er in England und Holland, durch Destilliren in eigends dazu eingerichteten Gefäfsen, fabrikmäfsig gereiniget. Damit sich der Schwefel in Mehlgestalt absetze, mufs das Destillirgefäfs einen weiten Hals haben, so dafs der gröfsere Theil des Schwefels sich in der Luft verdichten kann, wo er sich dann als Pulver niederschlägt und an den Wänden herabfällt. Versucht man hingegen, den Schwefel in einer Retorte zu destilliren, so geht er in flüssiger Gestalt über und erstarrt in der Vorlage zu einer harten gelblichen Masse. Die Schwefelblumen, die man dabei erhält, sind reiner Schwefel, der indessen mechanisch mit etwas Schwefelsäure verunreiniget ist, welche sich beim Verbrennen des Schwefels, auf Kosten der in den Destillations-Gefäfsen befindlichen Luft, erzeugt hat. Daher reagiren alle Schwefelblumen auf Lakmuspapier als Säure, und bisweilen sind sie so sauer, dafs sie feucht werden und in der Luft zusammenbacken. Will man daher vollkommen reinen Schwefel haben, so mufs man sie vorher mit warmem Wasser waschen und trocknen. Dieſs ist z. B. nothwendig, wenn man die Schwefelblumen zu mancherlei elektrischen Versuchen anwenden will.

An mehreren Orten Deutschlands erhält man Schwefel beim Rösten arsenikhaltiger Erze. Dieser Schwefel ist von Arsenik verunreiniget, und wenn man ihn zur Bereitung von Schwefelblumen anwendet, so werden diese giftig. Man braucht zwar deshalb nicht in Besorgniſs zu sein, weil dergleichen Schwefel nicht mehr gebraucht wird. Indessen kann man den Arsenikgehalt leicht entdecken, wenn man die Schwefelblumen mit Salzsäure anrührt, die erhaltene Auflösung, bis sie trocken ist, abdunstet, und darauf in ein wenig destillirtem Branntwein auflöst. Diese Auflösung enthält nun eine Verbindung von Arsenik mit Salzsäure, und wenn man ein kleines Stückchen reines Zink hineinlegt, so scheidet dieses den Arsenik aus, und überzieht sich mit kleinen dünnen dunkelfarbigen Metall-

schuppen, welche, auf glühende Kohlen gelegt, sich mit dem knoblauchartigen Geruche des Arseniks verflüchtigen.

Streicht man Schwefel im Dunkeln auf einen warmen Ziegelstein oder einen andern erwärmten Körper, der aber nicht so heifs ist, dafs er den Schwefel entzünden kann, so bricht eine blaue, hohe, aber äufserst schwache Flamme hervor, die einen eigenen Geruch verbreitet. Diese Flamme entsteht indessen, so viel man jetzt weifs, durch kein Verbrennen, sondern begleitet blofs die Verdunstung des Schwefels; denn wenn man einen kalten Körper in das obere Ende der Flamme hält, so setzen sich Schwefelblumen daran ab.

Dieselbe Feuererscheinung, welche entsteht, wenn sich Metalle im Schwefelgase entzünden und brennen, findet auch mit den meisten Metallen statt, wenn sie als feines Pulver mit Schwefel gemengt und erhitzt werden. Zuerst schmilzt der Schwefel, und dann geht nach einigen Augenblicken die Verbindung vor sich, wobei die Masse aufschwillt und glühend wird. Der Schwefel verbindet sich dabei mit den Körpern, nach gleichen multipeln Verhältnissen wie der Sauerstoff, und es nimmt dabei ein Metall doppelt so viel Schwefel als Sauerstoff auf, so dafs ein gegebenes Gewicht eines Metalles, wenn es in seinem Oxyde 10 Gewichtstheile Sauerstoff aufnimmt, im Schwefel 20,16 Theile aufnimmt. Die mit Schwefel verbundenen Körper nennt man geschwefelte oder Schwefelmetalle *(Sulphureta)*.

Schwefel verbindet sich mit Sauerstoff in mehreren Verhältnissen; aber nur eine Verbindungsstufe entsteht durch Verbrennung des Schwefels an der Luft oder in Sauerstoffgas, nämlich das schwefelichtsaure Gas. Der Schwefel hat 4 bekannte Oxydationsgrade, welche alle Säuren sind, und in welchen sich die Mengen des Sauerstoffs, auf ein gegebenes Gewicht Schwefel, verhalten wie 1, 2, $2\frac{1}{2}$ und 3, oder wie 2, 4, 5, 6.

Schwefel verbindet sich auch mit Wasserstoff und bildet damit eine eigne Säure, Schwefelwasserstoff, Schwefelwasserstoffsäure genannt, deren nachher

unter den Wasserstoffsäuren ausführlicher erwähnt werden soll. Die Verbindung geschieht nicht directe, so dafs man Schwefel in Wasserstoffgas schmelzen und sublimiren kann, ohne sie zu erhalten. Aber wenn ein Schwefelmetall in einer verdünnten Säure aufgelöst wird, und das Metall, wenn es sich auf Kosten des Wassers oxydirt, seinen Schwefel an demselben Punkte, wo es Wasserstoff entwickelt, frei werden läfst, so verbinden sich beide zu Schwefelwasserstoff. Es ist sehr häufig der Fall, dafs sich Körper in isolirter Gestalt nicht mit einander verbinden, dafs sie aber sogleich die Verbindung eingehen, wenn sich beide im Entstehen berühren. Man nennt dieſs den Entstehungszustand *(status nascens)*. — Selbst der Stangenschwefel enthält einen kleinen Antheil Wasserstoff, der nicht durch Schmelzen abgeschieden werden kann, und der ungefähr 0,004 vom Gewichte des Schwefels beträgt. Er offenbart sich als Wasser, wenn Schwefel mit einem wasserfreien Metalloxyde vermischt und erhitzt wird. — Eine andere Verbindung von Schwefel mit einem geringeren Antheile Wasserstoff erhält man, wenn Schwefel mit kohlensaurem Alkali zusammengeschmolzen, die geschmolzene Masse in Wasser gelöst und die Auflösung dann mit einer Säure vermischt wird. Der Schwefel fällt dabei in Form eines weifsen Pulvers nieder, welches, gewaschen und getrocknet, in der Pharmacie *Sulphur praecipitatum* genannt wird. Wird er geschmolzen, so entweicht etwas Schwefelwasserstoffgas, und der Schwefel wird nach dem Erkalten gelb und eben so, als wie vor der Verbindung mit dem Alkali. — Es giebt noch eine andere Verbindung von Schwefel mit Wasserstoff in Form eines ölartigen Liquidums, wovon ich beim Schwefelwasserstoffe reden werde.

Man kennt keine Verbindung des Schwefels mit Stickstoff.

Der Schwefel ist auflöslich in alkalischer Lauge, in Schwefelkohlenstoff und Chlorschwefel, ferner in Steinöl, fetten Oelen, und durch eine eigne Zurichtung auch in

Alkohol und Aether, was an seinem Orte beschrieben werden soll.

Er wird zu mannigfaltigem Behufe in den Künsten und Gewerben angewendet, so wie auch in der Heilkunst als inneres und äufseres Mittel.

4. Phosphor.

Den Namen Phosphor, Lichtträger, hat dieser Körper von seiner Eigenschaft, im Finstern zu leuchten, erhalten. Er kommt in der Natur niemals rein vor, sondern mufs künstlich bereitet werden. Der Phosphor macht einen Bestandtheil verschiedener Mineralien, der meisten Pflanzen und aller Thiere aus, bei welchen letzteren er sich besonders häufig in den Knochen vorfindet.

Seine Darstellung geschieht in England meist fabrikmäfsig. Sie erfordert einen hohen und anhaltenden Wärmegrad, und es ist daher schwierig, taugliche Gefäfse dazu zu erlangen. Im Kleinen macht man den Phosphor aus Phosphorsäure, deren Bereitung ich weiter unten beschreiben werde. Drei Theile geschmolzene und wieder erstarrte Phosphorsäure werden in einem erhitzten Glas- oder Porphyrmörser schnell gepulvert, und mit einem Theile fein zerstofsener Holzkohle gemengt. Man bringt hierauf das Gemenge so schnell, als möglich, in eine äufserlich mit Thon und Sand beschlagene gläserne, oder noch lieber in eine Porzellan-Retorte. Der Hals derselben wird in einen kleinen Glaskolben geführt, der so weit mit Wasser gefüllt ist, dafs die Oeffnung des Halses davon bedeckt wird. Die Retorte wird dann in einen guten Zugofen oder in einen Windofen eingelegt und vorsichtig bis zum vollen Weifsglühen erhitzt. Hierbei verbindet sich die Kohle mit dem Sauerstoffe der Phosphorsäure theils zu Kohlensäure, gröfstentheils aber zu Kohlenoxydgas, welche beide als Gas entweichen, der Phosphor aber wird frei und destillirt in Tropfen über, welche im Wasser niederfallen und erstarren. Gegen

den Schluſs der Arbeit geht zugleich eine brennbare Gasart mit über, die einen unangenehmen Geruch hat, vielen Phosphor enthält, und weiter unten beschrieben werden wird.

Man kann auch Phosphor erhalten, wenn man frischen Urin mit salpetersaurem Blei, oder salpetersaurem Quecksilber fällt, dann den Niederschlag, der aus einer Verbindung der Phosphorsäure mit dem angewandten Metalle besteht, mit $\frac{1}{4}$ Kohlenpulver mengt und auf die vorhergehende Weise übertreibt. Das phosphorsaure Blei erfordert indessen eine so hohe Temperatur, daſs der Versuch in Glasgefäſsen niemals glückt. Es ist daher besser, bei kleinen Versuchen den Niederschlag mit Quecksilber zu machen, weil dieses leichter reducirt wird.

Wenn der Phosphor während der Destillation nicht im Wasser aufgefangen und abgekühlt wird, so entzündet er sich in der Vorlage und verbrennt, wobei das Gefäſs von der Hitze leicht zersprengt wird.

Mit den geringsten Kosten erhält man den Phosphor aus verglastem saueren phosphorsauren Kalk, welcher fein gepulvert, mit Kohlenpulver gemengt, und dann in einer passenden Vorrichtung destillirt wird. Im Groſsen wird er stets aus diesem Salze bereitet, und zwar auf die Weise, daſs man eine syrupsdicke Auflösung desselben so lange mit Kohlenpulver mengt, bis sie zu einer halbtrokkenen Masse geworden ist, die man dann gut durcheinander arbeitet und in einem eisernen Topfe, unter stetem Umrühren, trocknet. Man sieht die Masse nicht eher als getrocknet an, als bis sie dunkel geglüht hat, wo man sie dann abkühlt, und so schnell als möglich in eine steinerne Retorte bringt, die vorher mit feuerfestem Thone beschlagen worden ist. Statt einer Vorlage kittet man ein Kupferrohr an, welches weit genug ist, um den Hals der Retorte umfassen zu können, und dieses Rohr wird einige Zoll vom Retortenhalse so umgebogen, daſs ein Theil davon gerade niederwärts geht. Dieser niedersteigende Schenkel des Rohres wird in eine Flasche mit weiter Oeffnung geführt, welche man so weit mit Wasser gefüllt hat, daſs

dasselbe ein, oder ein Paar Linien höher als die Oeffnung des Rohres steht, welche daher unter dem Wasserspiegel sich befindet. Die Flasche wird um das Rohr herum mit einer Korkscheibe verschlossen, durch welche nebenbei eine dünne Glasröhre hineingesteckt wird, um den bei der Destillation sich entwickelnden Gasarten einen Ausweg zu verschaffen. Die Retorte wird in einen Ofen eingesetzt, der mit einer Haube versehen ist, die über und um die Retortenkugel gestellt werden kann, so dafs diese auf allen Seiten erhitzt wird. Das Anfeuern geschieht anfangs äufserst langsam, so dafs die Retorte etwa in 4 Stunden erst zum Glühen kommt; dann giebt man aber so lange volles Feuer, als man noch etwas Phosphor durch das Kupferrohr in das Wasser herabfallen sieht, was, nach der Gröfse der Retorte, 15, 24 bis 30 Stunden fortdauern kann. Eine Retorte, die zwei Quart faſst und mit jenem kohlenhaltigen Gemenge ziemlich angefüllt ist, kann ungefähr ein Pfund Phosphor geben.

Den erhaltenen Phosphor formt man auf folgende Weise in Stangen. Man zerschneidet ihn nämlich und legt ihn in eine Barometerröhre, oder noch lieber in eine etwas kegelförmige Röhre, verschliefst die engere Oeffnung derselben gut mit einem Korke, gieſst dann oben auf den Phosphor Wasser, und stellt die Röhre in ein Gefäfs mit kochend heifsem Wasser. Der Phosphor schmilzt dabei und bildet eine Stange, die nach dem Abkühlen herausgenommen wird. Die Unreinigkeiten, die er etwa enthält, und die gröfstentheils aus gekohltem Phosphor bestehen, fliefsen beim Schmelzen herauf und können dann abgesondert werden. Sonst pflegte man ihn theils noch einmal zu destilliren, theils unter warmen Wasser durch sämisch gegerbtes Ziegenleder zu pressen. Ist der Phosphor sehr roth, so mufs man ihn erst in etwas erwärmtem ätzenden Ammoniak, und dann in warmen Weingeist schmelzen, wodurch er seine lichte und klare Farbe erhält.

Der Phosphor wurde im Jahre 1669 zu Hamburg von einem bankerutten Kaufmann, Namens **Brand**, entdeckt,

der dessen Bereitung lange geheim hielt. Da er indessen nicht verheimlichen konnte, dafs er ihn aus Urin gewann, so versuchte auch Kunkel, ein damaliger Chemiker, ihn hervorzubringen. Dieſs glückte ihm auch, und die Bereitung des Phosphors wurde nach und nach immer bekannter, bis Markgraff, und zuletzt Scheele, eine vortheilhaftere Bereitung desselben aus einem richtigeren chemischen Gesichtspunkte lehrten.

Der Phosphor ist durchscheinend von gelblicher Farbe. Er nimmt selten eine regelmäſsige Krystallform an, kann aber zum Krystallisiren gebracht werden, wenn man in einem verdeckten Gefäſse, in kochendheiſser Naphta soviel Phosphor auflöst, als darin löslich ist, und dann die Auflösung langsam abkühlen läſst, wodurch derjenige Theil des Phorphors, welchen die kochendheiſse Naphta mehr, als kalte, aufgelöst behalten kann, sich in Krystallen absetzt. Mitscherlich hat gezeigt, daſs die Krystallform des Phosphors ein reguläres Dodecaëder ist. Nach seiner Angabe erhält man ihn dadurch am leichtesten krystallisirt, daſs man Schwefel mit mehr als seinem doppelten Gewichte Phosphor zusammenschmilzt und unter Wasser langsam erkalten läſst, wobei ein Theil des Phosphors in ziemlich groſsen, durchsichtigen, schwach gelblichen Krystallen anschieſst. Thénard hat eine Eigenthümlichkeit in der Aggregation des Phosphors entdeckt, daſs er nämlich, schnell abgekühlt, z. B. in geschmolznem Zustande in eiskaltes Wasser gegossen, durch dieses augenblickliche Festwerden schwarz wird, diese Farbe aber wieder beim Schmelzen verliert. Phosphor ist durchsichtig, so lange er geschmolzen ist, wird aber im Gestehungs-Momente unklar. Bei gewöhnlicher Sommer-Temperatur der Luft ist er biegsam wie Wachs; beim Gefrierpunkte aber und darunter ist er spröde und krystallinisch im Bruche.

Sein specifisches Gewicht beträgt 1,77. In freier Luft stöſst er weiſse Dämpfe aus, die einen eigenthümlichen, fast knoblauchartigen Geruch haben und im Dunkeln leuchten. Sie rühren von einer Art langsamer Verbrennung her, weshalb der Phosphor stets unter Wasser in ver-

schlossenen Gefäßen aufbewahrt werden muß, um den Zutritt der Luft zu ihm abzuhalten. — In verschlossenen Gefäßen schmilzt der Phosphor bei + 35° und wird farbenlos, fängt bei + 103° an, sich in einem leichten Rauche zu verflüchtigen, kommt endlich bei + 290° in's Kochen und destillirt aus einem Gefäße in das andere über. Der Dampf oder das Gas des Phosphors ist ungefärbt.

Das Licht bringt eine eigene Veränderung im Phosphor hervor, deren innere Natur unbekannt ist und wobei, soviel man bis jetzt in Erfahrung gebracht, sein Gewicht nicht verändert wird. Der Phosphor wird nämlich durch das Licht geröthet, und dieß geschieht nicht nur im luftleeren Raume, und selbst in der Leere des Barometers, sondern auch im Stickstoffgas, Wasserstoffgas, gekohltem Wasserstoffgas, unter Wasser, Spiritus, Oel und anderen Flüssigkeiten; und wenn man den Phosphor, in Aether, Oel oder Wasserstoffgas aufgelöst, dem Sonnenlichte aussetzt, so wird er sogleich als rother Phosphor daraus ausgeschieden. Sehr leicht ist er dieser Veränderung im violetten Lichte, oder in Gefäßen von violettem Glase unterworfen. Das Sonnenlicht schmilzt den Phosphor leicht im Stickstoffgase, nicht aber im Wasserstoffgase, und im leeren Raume des Barometers sublimirt er sich in Gestalt glänzender rother Schuppen.

Mit Sauerstoff verbindet sich der Phosphor in verschiedenen Verhältnissen. Wenn Phosphor der offnen Luft ausgesetzt wird, so bildet sich auf seiner Oberfläche ein Dampf, der im Dunkeln leuchtet und aus phosphorichter Säure besteht. Beim Tageslichte sieht man diese Dämpfe der phosphorichten Säure unaufhörlich von dem Phosphor heruntersinken.

Bei einer Kälte von mehreren Graden, erleidet der Phosphor keine Veränderung; allein schon bei einem oder einigen Graden unter dem Gefrierpunkte, fängt er schwach an zu leuchten, und leuchtet bei einigen Graden darüber schon stärker. Schreibt man mit ein wenig Phosphor auf schwarzen oder blauen Grund, so werden die Buchstaben leuchtend und geben einen leuchtenden Rauch von sich.

Das Licht wird bald schwächer und verschwindet, kommt aber auf einige Augenblicke wieder zum Vorschein, wenn man mit der Hand über die Schrift hinfährt. Am besten erhält sich die leuchtende Schrift, wenn man sie zwischen zwei Glasscheiben legt, wo sie 20 bis 30 Minuten ununterbrochen fortleuchtet, und wenn auch das Licht schon einmal aufgehört hat, so kommt es doch wieder zum Vorschein, wenn man die Vorrichtung an einen warmen Stubenofen hängt. Dieses Licht wird von einiger Wärme begleitet und ist eine Art des Verbrennens, bei welchem Sauerstoff eingesogen wird. Geschieht der Versuch in eingeschlossener Luft, so hört das Licht auf, sobald der Sauerstoff verzehrt ist. In freier Luft überzieht sich der Phosphor mit saueren Tropfen von phosphorichter Säure, welche daher entsteht, dafs die neugebildete phosphorichte Säure aus der Luft Wasser an sich zieht, und tropfbarflüssig wird. Diese phosphorichte Säure ist jedoch nicht rein, sondern mit Phosphorsäure gemengt, wie ich weiter unten bei dieser zeigen werde.

Im reinen Sauerstoffgas kann der Phosphor nicht leuchten, bevor er nicht bis zu + 24° bis + 28° erwärmt wird; dann leuchtet er aber desto stärker und entzündet sich leicht. Wird das Gas abgekühlt, so hört das Leuchten auf, beginnt aber sogleich von neuem, wenn man etwas Stickstoffgas hinzuläfst. Sauerstoffgas, worin man bei niedriger Temperatur Phosphor verwahrt, riecht nach diesem und leuchtet schwach, wenn es im Dunklen mit atmosphärischer Luft gemengt wird. Diefs rührt nicht daher, dafs das Gas mit etwas Phosphor chemisch verbunden ist, sondern daher, dafs ein Theil der phosphorichten Säure, welcher im Gase das Wasser zu ihrer Verdichtung fehlt, verdunstet und sich in Gasgestalt mit dem Sauerstoffgase vermischt. Beim Austritte in die Luft oxydirt sich nun dasselbe, durch eine noch unbekannte Einwirkung des Stickstoffgases, noch mehr, und zerfliefst auf Kosten des Wassers der atmosphärischen Luft. Vielleicht ist es auch nur verdunstender Phosphor, der noch nicht oxydirt worden ist; denn die meisten Gasarten, in

welchem Phosphor einige Zeit gelassen wird, leuchten eben so, wenn sie sich nachher mit der Luft vermischen.

In verdünnter Luft, z. B. unter der Glocke einer Luftpumpe, entzündet sich der Phosphor und brennt mit einer schwachen, aber hohen Flamme, wenn er mit Harz gemengt und auf etwas Baumwolle gelegt wird.

Dieser Versuch gelingt nicht, wenn die Stiefel der Luftpumpe nicht weit sind, und die Verdünnung nicht schnell vor sich geht. Man kann auch auf einen, bereits luftleer gemachten Recipienten ein kleines Gefäfs aufschrauben, welches den Phosphor enthält, und dann die Verbindungsröhre zwischen beiden öffnen, wodurch die Entzündung ebenfalls statt findet.

Anstatt des Harzes kann man auch Schwefel anwenden. Bestreut man eine trockene Stange von Phosphor stellenweise mit Harz oder Schwefel, und bringt sie dann unter den Recipienten der Luftpumpe, so bemerkt man, dafs, beim Auspumpen der Luft, der Phosphor auf den bestreuten Stellen mehr zu leuchten anfängt, und dafs dieses Leuchten mit der Verdünnung der Luft zunimmt, bis sich der Phosphor endlich entzündet. Van Bemmelen, welcher diese Erscheinung zuletzt untersucht hat, glaubt, dafs sie einer Verbindung des Schwefels oder Harzes mit dem Phosphor zuzuschreiben sei, die im luftleeren Raume leichter eintrete (was auch bei der Vereinigung fester Körper, z. B. des Schwefels und der Metalle, der Fall ist), und wobei Wärme entstehe, welche den Phosphor oder dessen neue Verbindung entzünde. Allein da, nach van Bemmelens Beobachtung, die Entzündung des Phosphors auch vor sich geht, wenn er blofs in Baumwolle eingewickelt wird, diese Erscheinung aber durch jene Ansicht nicht erläutert wird, so müssen wir dieselbe noch als unerklärt ansehen.

Von selbst entzündet er sich nicht. Dieser und mehrere andere Umstände bei dem langsamen Verbrennen des Phosphors, sind noch nicht vollständig erklärt.

Wenn Phosphor in einer Flasche unter Wasser aufbewahrt wird, so oxydirt er sich auf Kosten des Wassers,

theils zu Oxydul, theils zu phosphorichter Säure, und das Wasser wird säuerlich. Dieses Wasser besitzt die sonderbare Eigenschaft, daſs es in einer wohl verkorkten Flasche leuchtet, so oft es darin umgeschüttelt wird, und bisweilen, ohne wahrnehmbare äuſsere Ursachen, einen schnell vorübergehenden Schein von sich giebt. Wenn man aus schwarzem Papier eine Figur herausschneidet und dieses dann auf eine solche Flasche klebt, so erscheint im Dunkeln eine leuchtende Figur, wenn die Flasche geschüttelt wird. Wenn man den Pfropf öffnet, oder nicht fest schlieſst, so verschwindet das Leuchtungs Vermögen des Wassers augenblicklich, und kehrt erst dann wieder zurück, wenn die Flasche wieder eine Zeit lang luftdicht verschlossen gestanden hat. Auch dieses ist eine noch nicht erklärte Erscheinung.

Wird der Phosphor in freier Luft bis zu $+75°$ erhitzt, so entzündet er sich und brennt mit starker Flamme und dickem Rauche. Dieser Rauch ist Phosphorsäure, die sich aus der Flamme in fester Gestalt absetzt. 100 Theile Phosphor nehmen dabei 128 Theile Sauerstoff auf. In der phosphorichten Säure verbindet sich der Phosphor nur mit $\frac{3}{7}$ dieser Quantität, oder mit 76,9 Theilen Sauerstoff. Der Phosphor hat noch niedrigere Oxydationsstufen, eine Säure und ein oder zwei Oxyde; aber man weiſs noch nicht, in welchem Verhältnisse der Sauerstoff darin ist.

Durch Reiben entzündet sich der Phosphor leicht; man muſs sich daher bei Versuchen damit in Acht nehmen, daſs man Phosphorstückchen nicht zwischen den Fingern oder an wollenen Sachen, z. B. an Tuch oder grauem Löschpapiere, reibt, weil dadurch leicht Unglück entstehen kann.

Phosphor-Wasserstoff.

Der Phosphor verbindet sich mit dem Wasserstoffe in mehreren Verhältnissen, welche quantitativ noch nicht mit völliger Zuverlässigkeit bestimmt sind.

Läſst

Läfst man eine Zeit lang Wasserstoffgas mit Phosphor in Berührung, so erhält man eine Gasart, die schwach nach Phosphor riecht, und, mit atmosphärischer Luft gemengt, im Dunkeln leuchtet. Diese Gasart ist indessen kein Phosphor-Wasserstoff, denn sie behält übrigens alle Eigenschaften des Wasserstoffgases, nur dafs sie eine, nach Verhältnifs ihrer verschiedenen Temperatur, bald gröfsere, bald geringere Menge von verdunstetem Phosphor enthält. Wenn man in eine lange Glasröhre, die mit Wasserstoffgas gefüllt ist, ein wenig Phosphor legt, dieselbe sodann spiralförmig mit einem schwarzen Papierstreifen umwindet, und darauf in die Sonne stellt; so schiefsen auf den unbelegten Stellen im Innern der Glasröhre kleine Krystall-Verästelungen von rothem Phosphor an. Ob hierbei, aufser dem Lichte, auch die stärkere Erwärmung des Glases unter dem schwarzen Papiere mitwirke, ist noch nicht ausgemacht. Dieselbe Erscheinung zeigt sich auch im Stickstoffgase.

Die beste Art, Phosphor-Wasserstoffgas zu erhalten, ist folgende: Man bringt Phosphorcalcium (dessen Bereitung ich beim Calcium anführen werde) in einen Kolben oder eine Flasche von Glas, ungefähr so eingerichtet wie zur Bereitung des Wasserstoffgases (Taf. II. Fig. 8.), und auf das Phosphorcalcium etwas Wasser, jedoch nur so viel, dafs es gehörig angefeuchtet ist; die Gasentwickelung beginnt sogleich. Je kleiner die Flasche ist, um so weniger erhält man das Gas mit Stickstoffgas verunreinigt. Der Sauerstoff der Luft in der Flasche wird völlig von dem feuchten Phosphorcalcium absorbirt, so dafs im ersten Augenblicke das Volum der Luft in der Flasche vermindert wird. Man bringt deshalb die Ableitungsröhre nicht eher in den pneumatischen Apparat, als bis man sieht, dafs Gas kommt, denn sonst würde das Wasser oder Quecksilber in die Flasche zurücksteigen, und man fängt nicht die erste Portion Gas auf, welche Stickstoffgas ist. Sobald die Gasentwickelung aufgehört hat, setzt man verdünnte Salzsäure zu, wodurch sie von neuem beginnt. — Will man ein Gas haben, das keine andere

Luftart enthält, so füllt man die Gasentwickelungs-Flasche und die Ableitungsröhre völlig mit Wasser und setzt Salzsäure sogleich hinzu, wobei man die Gasentwickelungsröhre mit dem Finger verschliefst; das Gas treibt dann mechanisch eine Portion Wasser aus durch die Röhre, durch welche die Säure zugesetzt wird, und deren in die Flasche sich öffnendes Ende, zu diesem Zwecke, ein Stück hinunter in die Flasche reichen mufs. Sobald das Gas anfängt mit dem Wasser aus dieser Röhre zu gehen, so öffnet man die Ableitungsröhre, worauf das Gas diesen Weg geht, ohne mechanisch von der sauren Flüssigkeit in der Flasche mit sich zu führen und ohne mit Stickstoffgas vermengt zu sein. Dieselbe Vorsichtsmaafsregel kann bei allen Gasen, welche durch Flüssigkeiten entwickelt werden und welche man frei von atmosphärischer Luft haben will, angewendet werden. Bei dieser Operation oxydirt sich das Metallcalcium auf Kosten des Wassers zu Kalkerde, und der Phosphor verbindet sich dabei mit Wasserstoff zu Phosphor-Wasserstoffgas, welches in Gasform entweicht. Setzt man Salzsäure hinzu, so wird nicht mehr das Wasser zersetzt, sondern die Salzsäure, die aus Chlor und Wasserstoff besteht. Chlor verbindet sich mit dem Calcium und der Wasserstoff mit dem Phosphor. Hat man kein Phosphorcalcium, so kann man sich dieses Gas auch verschaffen, wenn man Phosphor mit einer Auflösung von ätzendem Kali (Aetzlauge) in einer kleinen Retorte (wie Fig. 1. Taf. II.) kocht, so oxydirt sich der Phosphor auf Kosten des Wassers, wird in eine Säure verwandelt und verbindet sich mit dem Kali, welches hier, durch seine Verwandtschaft zur Säure, auf dieselbe Weise die Verwandtschaft des Phosphors zum Sauerstoffe erhöht, wie die Schwefelsäure die des Eisens erhöht, wenn von Eisen aus wässeriger Schwefelsäure Wasserstoffgas entwickelt wird. Der Wasserstoff, welcher bei diesem Verfahren auf der Oberfläche des schmelzenden Phosphors frei wird, löst einen Theil des Phosphors auf und verbindet sich damit zu einer eigenen Gasart, welche die besondere Eigenschaft hat, dafs sie sich in der Luft von selbst entzün-

det. Die Entwickelung des Gases nimmt nicht eher ihren Anfang, als bis das Wasser dem Siedepunkt nahe kommt. Man sieht dann kleine Bläschen vom Phosphor aufsteigen, die auf der Oberfläche der Flüssigkeit innerhalb der Retorte sich entzünden und mit einer kleinen Flamme brennen. Dabei fängt das Wasser aus dem Gefäfse, in welchem das Gas aufgefangen werden soll, nach und nach an, in den Retortenhals zu steigen, so wie der Sauerstoff der in der Retorte befindlichen Luft allmählich verzehrt wird. Sobald dieſs geschehen und nur noch Stickstoff rückständig ist, sinkt das Wasser wieder zurück, das Gas entzündet sich nicht mehr in der Retorte, und es gehen endlich Luftblasen durch das in den Retortenhals eingekittete Rohr. Verstärkt man die Hitze nicht vorsichtig, wenn die kleinen Luftblasen sich in der Retorte zu zeigen anfangen, so entsteht auf einmal eine groſse Luftblase, die sich mit Explosion entzündet, und bisweilen das Gefäfs zerschmettert, wobei aber gewöhnlich nur die erhitzte Luft hervorbricht, deren Raum in der Retorte das aus der Wanne hineintretende Wasser ausfüllt, und hierdurch den Versuch verdirbt. Man muſs daher die Vorsicht anwenden, die Retorte allmählich zu erhitzen, bis das Gas nach und nach durch das Rohr zu gehen anfängt, oder auch vorher die Retorte mit Wasserstoffgas zu füllen. — Statt der Lauge von ätzendem Kali kann man auch eine Auflösung von ätzendem Kalk in Wasser zu diesem Versuche anwenden; allein er mifslingt dann öfter, besonders wenn er von Ungeübten angestellt wird.

Die Luftblasen, welche zuerst zum Vorschein kommen, haben einen sehr unangenehmen Geruch, fast wie verfaulte Fische; sie entzünden sich gleichwohl schnell und verbrennen mit heller Flamme. Man stürzt dann eine mit Wasser gefüllte Flasche über die Oeffnung des Rohres und fängt sie auf. Zum Auffangen dieses Gases darf man indessen nicht gewöhnliches Quellwasser anwenden, sondern muſs vorher alle darin enthaltene atmosphärische Luft durch Kochen entfernen, das Wasser noch warm bei dem Versuche anwenden und mit Kochsalz sättigen, denn

aufserdem wird das Gas theils im kalten Wasser aufgelöst, theils durch den Sauerstoff der darin enthaltenen Luft zerlegt; auf dem Wasser schwimmt rother oxydirter Phosphor, und das Gas verliert gröfstentheils seine Eigenschaft, sich an der Luft zu entzünden. Am besten ist es daher, dasselbe über reinem Quecksilber aufzufangen. —

Gekochtes und darauf in einem verdeckten Gefäfse erkaltetes Wasser löst, nach Gingembre, $\frac{1}{4}$ seines Volumens Phosphor-Wasserstoff auf, nach Thomson aber nur $\frac{1}{50}$. Diese Lösung ist hellgelb, von unangenehmen Geruche, schmeckt bitter, leuchtet nicht im Dunkeln, und kann in verschlossenen Gefäfsen lange aufbewahrt werden, ohne sich zu zerlegen. Beim Kochen geht das Gas unverändert fort und behält seine Eigenschaft bei, sich in der Luft zu entzünden.

Das Phosphor-Wasserstoffgas und das damit geschwängerte Wasser, haben nicht die Eigenschaft einer Säure, wie das Schwefel-Wasserstoffgas. Sie röthen die Lakmustinktur nicht, wenn sie von phosphorichter Säure sorgfältig gereinigt worden sind. Sie vereinigen sich nicht mit Alkalien oder Erdarten; doch schlägt das mit diesem Gase geschwängerte Wasser verschiedene Metallsalze nieder, vorzüglich Silber-, Quecksilber- und Kupfersalze, welche dadurch reducirt und als Phosphormetalle mit dunkler Farbe gefällt werden.

Läfst man eine kleine Blase von dieser Gasart aus Wasser oder Quecksilber aufsteigen, so entzündet sie sich auf der Oberfläche desselben mit einem kleinen Knalle, und läfst einen schön gewundenen Ring von dickem Rauch zurück, der in die Luft steigt, sich allmählich erweitert und dann verschwindet. Dieser Versuch gelingt besonders dann, wenn das Wasser oder Quecksilber etwas erwärmt ist.

Dieses Gas ist etwas leichter als die atmosphärische Luft; sein eigenthümliches Gewicht beträgt nach Thomson 0,9022. Es kann lange über Wasser aufbewahrt werden, besonders über gekochtem; wird die Flasche vom Sonnenlichte beschienen, so zerlegt es sich, setzt auf der,

der Sonne zugekehrten Seite rothen Phosphor ab und das Gas entzündet sich an der Luft nicht mehr. Ueber Quecksilber oder über einem, mit Phosphor-Wasserstoffgas gesättigtem Wasser, kann es im Dunkeln lange aufbewahrt werden. —

Die Gasart, welche zurückbleibt, wenn der Phosphor sich abgesetzt hat, ist Phosphor-Wasserstoffgas mit einem geringeren Gehalte von Phosphor. Es hat einen unbeschreiblich stinkenden Geruch, wie verfaulte Fische, erhält sich über Wasser unverändert und kann sich nicht von selbst entzünden. Nur wenn es noch nicht allen Phosphor, den es absetzen kann, verloren hat, und man es durch warmes Wasser aufsteigen läfst, kann es geschehen, dafs es sich von selbst entzündet. Eine Blase von dieser Gasart leuchtet im Dunkeln und verbrennt langsam; man hat daher geglaubt, dafs die sogenannten Irrlichter aus Phosphor-Wasserstoffgas bestehen könnten, welches aus faulenden Stoffen entwickelt würde und in der Luft langsam verbrennte. Allein diese Vermuthung ist unwahrscheinlich. Nach Humphry Davy's Versuchen wird diese Gasart erhalten, wenn eine concentrirte Auflösung von phosphorichter Säure in einem, zum Auffangen des Gases dienlichen Apparate gekocht wird.

Der Phosphor kann sich folglich mit dem Wasserstoffe in zweierlei Verhältnissen verbinden. Mit Phosphor im Maximum entzündet sich das Gas an der Luft von selbst, mit Phosphor im Minimum hingegen nicht. Houton-Labillardiere hat die Beobachtung gemacht, dafs Phosphor-Wasserstoffgas im Minimum, wenn es über Quecksilber mit atmosphärischer Luft gemengt wird, sich nicht entzündet, so lange das innere und äufsere Niveau des Quecksilbers noch gleich hoch stehen, oder so lange das Gas in dem Gefäfse noch comprimirt ist. Hebt man aber das letztere in die Höhe, so, dafs das Quecksilber innen 1 bis $1\frac{1}{2}$ Zoll höher zu stehen kommt, als aufsen, und das Gas folglich verdünnt wird, so entzündet es sich und verpufft; daher man das Gefäfs mit einem Netze von Eisendrath umgeben mufs. Man sieht hieraus, dafs der

Phosphor auch in Gasgestalt noch die Eigenschaft behält, sich in verdünnter Luft leichter, als beim gewöhnlichen Drucke derselben, zu entzünden.

Die Zusammensetzung dieser Gasarten ist noch nicht recht bekannt. Gay-Lussac bemerkte, daſs Phosphor-Wasserstoffgas in Maximum, welchem man den Phosphor durch ein geschmolzenes Metall entzog, sein Volumen $1\frac{1}{2}$ mal vergröſserte. Dr. Thomson aber fand, daſs das Volumen des Wasserstoffgases unverändert bleibe; daſs dieses Gas, dem Gewichte nach, aus 1 Theile Wasserstoff und 12 Theilen Phosphor bestehe und von der Elektricität zerlegt werde, so daſs der Phosphor ausgeschieden wird, der Wasserstoff aber zurückbleibt. Berechnet man Thomsons Versuche, so scheint daraus hervorzugehen, daſs dieses Gas aus 8,96 Th. Wasserstoff und 91,34 Th. Phosphor bestehe. Seine Zusammensetzung ist dann mit der des Ammoniaks proportional, so daſs, wenn sich der Phosphor dieses Gases durch Salpetersäure in Säure verwandelt, sich der frei gewordene Stickstoff und Wasserstoff gerade zu Ammoniak einander sättigen und ein Biphosphat von Ammoniak entsteht. Dagegen aber beobachtete derselbe, daſs das weniger phosphorhaltige Wasserstoffgas, wenn es mit Kalium erhitzt wird, seinen Phosphorgehalt verliert und sein Volumen verdoppelt. Dasselbe geschieht, wenn es mit Schwefel erhitzt wird. Auf der andern Seite hat Houton-Labillardiere gefunden, daſs das Wasserstoffgas, welches die gröſste Menge Phosphor enthält, seinen Ueberschuſs an Phosphor ohne Veränderung seines Volumens verliert, was mit der allgemeinen Erfahrung übereinstimmt, und z. B. bei Zersetzung dieser Gasart durch das Sonnenlicht der Fall ist. Vanquelin hat kürzlich, bei Prüfung dieser Angaben, gezeigt, daſs das Volum beider Gase unverändert bleibt, wenn der Phosphor, sei es durch das Sonnenlicht oder durch Erhitzung mit Schwefel, daraus abgeschieden wird.

Nach von Grotthuſs's Versuchen kann man den Phosphor-Wasserstoff in tropfbarflüssiger Gestalt erhalten, wenn man Phosphor mit einer Lösung von Kali in Alko-

hol kocht. Der Phosphor wird dabei flüssig und bleibt es auch wenn er erkaltet ist; kocht man ihn mit luftfreiem Wasser, so entweicht Phosphor-Wasserstoffgas, ohne daſs man im Wasser Phosphorsäure aufgelöst findet, d. h. ohne daſs Wasser zerlegt wird, und der Phosphor erstarrt nach dem Abkühlen. Diese Verbindung hat mit den liquiden Verbindungen des Schwefels mit Schwefel-Wasserstoffgas Aehnlichkeit.

Phosphor und Schwefel.

Phosphor und Schwefel können sich in allen Verhältnissen vereinigen, und diese Verbindungen sind leichter entzündlich, als der Phosphor für sich. Man erhält sie, wenn man entweder Phosphor und Schwefel zusammenreibt, wobei sie sich aber leicht entzünden, oder noch besser, wenn man beide in warmen Wasser zusammenschmilzt. Beide werden durch ihre Vereinigung leichter schmelzbar als vorher. Eine Mischung

von	1	Th.	Phosph.	und	9	Th.	Schwef.	schmilzt	bei	+ 25°.
-	1	-	-	-	18	-	-	-	-	+ 15°.
-	2	-	-	-	1	-	-	-	-	+ 10°.
-	1	-	-	-	1	-	-	-	-	+ 5°.

Läſst man eine solche Mischung mit Wasser übergossen stehen, so entwickelt sie, besonders im Lichte, geschwefeltes Wasserstoffgas; das Wasser wird von phosphorichter Säure sauer, und dieſs dauert so lange fort, bis einer von beiden Gemengtheilen gänzlich verzehrt ist, und nur noch Schwefel oder Phosphor allein zurückbleibt. Hat der letztere das Uebergewicht, so wird er dennoch vom Lichte nicht geröthet. Kocht man die Mischung von beiden mit Wasser, so entsteht dieselbe Gasentwickelung, ist aber bisweilen von einer Explosion begleitet, welche das Gefäſs zersprengt.

Phosphor, Schwefel und Wasserstoff, eine eigene Gasart.

Dieses Gas erhält man, nach Brugnatelli, wenn man in einem Apparate, wie zur Entwickelung des Phos-

phorwasserstoffgases gebraucht wird, 1½ Unze frisch gelöschten Kalk, 40 Gran Phosphor, und 120 Gran trokkenes gepulvertes Schwefelkalium mit einander mengt, mit ½ Unze Wasser übergiefst und damit kocht. Im Anfange entsteht ein dicker weifser Rauch von Phosphor, welcher auf Kosten der im Gefäfse eingeschlossenen Luft verbrennt; nachher aber entwickelt sich die dreifach zusammengesetzte Gasart völlig durchsichtig. Sie mufs über Kalkwasser aufgefangen und etwas damit umgeschüttelt werden, um das Schwefel-Wasserstoffgas und die unvollkommene Phosphorsäure, die darin enthalten sein können, daraus zu entfernen. Dieses Gas entzündet sich nicht von selbst; vermischt man es aber mit atmosphärischer Luft oder mit Sauerstoffgas, und zündet es an, so verbrennt es mit einem heftigen Knalle. Füllt man damit eine Flasche, die eine enge Oeffnung hat, und zündet das Gas an, so brennt es mit einer schwachen phosphorischen Flamme, und es strömt dabei ein weifser Rauch in die Flasche hinein, der aus Phosphorsäure, Schwefelsäure und Wasser besteht. Das Gas ist im Wasser unlöslich, schlägt aber verschiedene Metallauflösungen nieder, wenn man sie damit umschüttelt. Die Existenz dieses Gases, so wie dessen Eigenschaften, erfordern eine nähere Untersuchung, weil es wohl möglich wäre, dafs es nur aus einem Gemenge von Schwefel-Wasserstoffgas und Phosphor-Wasserstoffgas im Minimum bestände.

Phosphor verdunstet zwar im Schwefel-Wasserstoffgase, und macht, dafs das Gas beim Zutritt der atmosphärischen Luft eine voluminöse, bläuliche schwache Flamme giebt, welche von der Verwandlung des Phosphors in phosphorichte Säure herrührt; allein das dreifache Gas wird dadurch nicht hervorgebracht. Man erhält nur geschwefeltes Wasserstoffgas, worin Phosphor verdunstet ist. Ein feuchter Schwamm, den man darin eintaucht, leuchtet, nachdem man ihn wieder herausgenommen hat, noch lange an der Luft.

Phosphor und Stickstoff.

Man nimmt an, dafs, wenn Phosphor in eingesperrter atmosphärischer Luft so lange leuchtet, bis aller Sauerstoff verzehrt ist, das zurückbleibende Gas eine dreifache Verbindung von Phosphor, Stickstoff und wenigem Sauerstoffe sei, wodurch das eigenthümliche Volumen des Stickstoffgases um $\frac{1}{10}$ vermehrt werde. Dieses Gas leuchtet im Dunkeln, wenn es mit Luft gemengt ist; ist aber keine chemische Vereinigung zwischen Phosphor und Stickstoff. Es enthält nur einen Antheil verdunsteten Phosphor, mit oder ohne Sauerstoff, wie ich bereits beim Phosphor-Wasserstoff angeführt habe; und das Leuchten des Phosphors in dieser Gasart rührt blofs von der Verdunstung des ersteren her, wie schon beim Schwefel erwähnt worden ist.

Aufser den Verbindungen mit diesen einfachen Stoffen, kann der Phosphor auch in Naphta, Fett, und in fetten und flüchtigen Oelen aufgelöst werden. Alle diese Auflösungen leuchten beim Zutritte der Luft im Dunkeln.

Phosphor-Feuerzeuge.

Der Phosphor ist in den Künsten wenig brauchbar; seine allgemeine Anwendung findet er bei mancherlei Arten von Feuerzeugen, deren Gebrauch aber oft gefährlich und daher im Allgemeinen verboten ist. Es sind folgende:

1) Phosphorlichter. Eine Glasröhre von 5 Zoll Länge und zwei Linien Durchmesser wird an dem einen Ende zu einer kleinen Kugel ausgeblasen. In diese legt man ein wenig Phosphor und schiebt darauf ein kleines Wachslicht in die Röhre, das dünn genug ist, um leicht hineingesteckt werden zu können. Der Docht desselben wird vorher mit etwas Nelkenöl oder gutem Wachsöle angefeuchtet und dann in einem fein gepulverten Gemenge von gleichen Theilen Schwefel und Kampher ein-

gerieben. Man steckt darauf das Licht so tief in die Röhre hinein, dafs es den Phosphor erreicht, und erwärmt die Kugel vorsichtig, um den Schwefel und Phosphor zusammen zu schmelzen. Hierauf bläst man das offene Ende zu und macht einen Zoll von der Kugel abwärts einen Feilstrich in die Röhre. Soll nun das Licht gebraucht werden, so bricht man die Röhre beim Feilstriche entzwei und zieht das Licht schnell heraus, wobei es sich entzündet, so wie es an die Luft kommt.

2) Man füllt eine trockene Flasche mit engem Halse bis zur Hälfte mit wohlgetrocknetem Phosphor, zündet diesen darauf mit einem heifsen Eisendrathe an, und läfst ihn so lange fort brennen, bis er verlöscht, oder bis er im Dunkeln ziemlich zu leuchten aufhört, wo man dann die Flasche verkorkt. Oder man stellt auch die Flasche, ohne den Phosphor anzuzünden, und nur leicht mit Papier zugepfropft, auf einen warmen Stubenofen, läfst sie da so lange stehen, bis der Phosphor braun geworden ist, und verkorkt sie dann gut. Die Flasche erhält nun ein Gemenge von wasserfreier phosphorichter Säure, Phosphoroxyd und noch völlig unverbranntem Phosphor. Fährt man nun mit einem Schwefelhölzchen hinein, so dafs es die Masse etwas derb berührt, und zieht es dann schnell wieder heraus, so entzündet es sich von selbst, und zwar dadurch, dafs die phosphorichte Säure das Wasser und den Sauerstoff der Luft schnell an sich zieht, wodurch eine Flamme ausbricht, die den Schwefel und das Holz anzündet.

Eine Hauptsache bei diesem Feuerzeuge ist, dafs der Pfropf gut eingeschliffen und so mit Talg eingeschmiert wird, dafs er vollkommen dicht schliefst, und dafs ferner dieser Pfropf jedesmal beim Verschliefsen der Flasche in der Oeffnung derselben einigemale herumgedreht, auch, wenn er trocken zu werden anfängt, wieder von neuem mit Talg eingerieben wird. Kommt Feuchtigkeit aus der Luft in die Flasche, so ist alles verdorben. Man hat den Vorschlag gethan, dem Phosphor vor der Erhitzung etwas gebrannte Magnesia zuzusetzen; allein dieſs ist un-

nöthig. Der Zweck ist immer nur darauf gerichtet, die obere Rinde des Phosphors in einen selbstentzündlichen Zustand zu versetzen, und diese pflanzt sich durch den Luftwechsel bei jeder Oeffnung der Flasche, wo die Oberfläche des Phosphors entblößt wird, nach unten zu fort. Diese Feuerzeuge sind unter den sogenannten chemischen Feuerzeugen, nächst der elektrischen Lampe, immer die brauchbarsten, die sich am besten halten und am wenigsten kosten.

3) Man drückt mit einem Schwefelhölzchen auf ein im Weifsblech eingefafstes Stückchen Phosphor so auf, dafs von diesem ein wenig daran hängen bleibt, und reibt das Schwefelhölzchen dann gegen einen Kork, wobei es sich durch die beim Reiben entwickelte Wärme entzündet.

5. Chlor.

Dieser Körper wurde von Scheele im Jahre 1774 entdeckt. Er kommt in der Natur ziemlich häufig vor, hauptsächlich im Kochsalze, in welchem er mit dem Metalle Natrium verbunden ist; er findet sich aufserdem in einigen andern Verbindungen, sowohl in der organischen als unorganischen Natur.

Man erhält ihn aus dem Kochsalze auf folgende Art: 3 Th. Kochsalz werden in einer Retorte mit 2 Th. Mangan-Superoxyd (im Handel Braunstein genannt) und 2½ Th., zuvor mit 4 Th. Wasser verdünnter, Schwefelsäure vermischt. An die Retorte wird eine sehr kleine, mit einer Gasleitungsröhre versehene Vorlage angekittet, ungefähr wie auf Taf. III. Fig. 1., mit dem Unterschiede, dafs die Vorlage viel kleiner als die Retorte sein mufs. Diese wird auf der Sandkapelle erhitzt, und das sich entwikkelnde Gas aufgefangen.

Chlor kann, bei der gewöhnlichen Temperatur und Pression der Luft, nicht in fester oder flüssiger Form erhalten werden, sondern bildet eine Gasart, die indessen zu den coërcibeln gehört, und welche man entweder als

Gas auffangen oder von Wasser einsaugen lassen kann. Seine Entwickelung beginnt erst, wenn die Masse erwärmt worden ist, wobei sich die Gefäfse mit einem dunkelgelben Gase erfüllen. Die Vorlage, welche hierbei gebraucht wird, dient dazu, um die, gewöhnlich saure, bei der Operation überdestillirende Flüssigkeit aufzunehmen; man mufs sie so klein als möglich wählen, damit man um so weniger atmosphärische Luft mit dem Gase vermengt bekommt. Der Verlauf hierbei ist folgender: Das Kochsalz besteht aus Chlor, verbunden mit Natrium. Die Schwefelsäure bestrebt sich, mit dem Oxyde des Natriums (dem Alkalinatron) sich zu verbinden. Man setzt das Mangan-Superoxyd hinzu, um, auf Kosten seines überflüssigen Sauerstoffs, das Natrium zu oxydiren und Natron zu bilden, wobei Chlor frei wird und in Gasgestalt weggeht. In der Retorte bleibt ein Gemenge von schwefelsaurem Natron und schwefelsaurem Manganoxydul, mechanisch gemengt mit im Ueberschusse zugesetztem, unzersetztem Superoxyde.

Man kann Chlor noch auf eine andere Art erhalten, wenn man in einem, dem bei der Entwickelung des Wasserstoffgases beschriebenen ähnlichen Apparate, fein gepulvertes Mangan-Superoxyd mit Salzsäure (Chlorwasserstoff) vermischt, die man mit so viel Wasser verdünnt hat, dafs sie nicht mehr an der Luft raucht. Das Gemenge wird gelinde erhitzt, wobei das Gas sich zu entwickeln anfängt. Ist die Säure zu concentrirt, so geht salzsaures Gas mit dem Chlorgase weg und verunreinigt es. — Bei dieser Operation verbindet sich der Wasserstoff in der Salzsäure mit dem Sauerstoffe in dem Mangan-Superoxyde zu Wasser, und das Manganmetall mit Chlor; aber das Mangan kann bei der Temperatur, bei welcher der Versuch vorgenommen wird, nicht mehr als die Hälfte von dem Chlor zurückhalten, welches durch den Sauerstoff des Superoxyds seines Wasserstoffs beraubt wird, und deshalb geht die andere Hälfte in Gasform weg.

Man kann das Chlor nicht ohne grofsen Verlust in Gasgestalt aufsammeln, weil es sowohl vom Wasser als

vom Quecksilber absorbirt wird. Zur Füllung der Flaschen und der Gaswanne bedient man sich am besten einer gesättigten Auflösung von Kochsalz, denn diese Flüssigkeit saugt von den meisten Gasen viel weniger ein, als reines Wasser. Man schreibt auch vor, das Chlorgas auf die Weise aufzusammeln, dafs man die Gasleitungsröhre bis auf den Boden eines langen cylindrischen Glases reichen läfst, dessen Oeffnung nicht sehr weit, oder unvollkommen mit einem Pfropfe verschlossen ist, durch welchen die Röhre geht. Da das Chlorgas viel schwerer als die atmosphärische Luft ist, so sammelt es sich zu unterst an, und indem sich das Gefäfs mit Chlorgas füllt, wird die atmosphärische Luft nach oben ausgetrieben, so dafs endlich das Gefäfs nur mit Chlor gefüllt ist. Man mufs dann, wenn man das Gas sich im Glase erheben sieht, dieses senken, so dafs die Gasleitungsröhre allmählich herausgezogen wird; denn würde sie gegen das Ende auf einmal herausgezogen, so würde atmosphärische Luft eindringen, um ihren Raum auszufüllen. Diese Methode kann für Versuche angewendet werden, die keine grofse Genauigkeit erfordern, denn man verliert weniger Gas dabei; aber das Gas wird immer sehr mit atmosphärischer Luft gemengt, denn die Gase durchdringen sich stets in allen Richtungen. Will man sich trockenes und reines Chlorgas verschaffen, so sammelt man das Gas über einer Flüssigkeit, z. B. einer Kochsalzauflösung, in einer Glasglocke auf, die oben mit einem Ventil versehen ist, das geöffnet werden kann. Das Gefäfs, welches man mit Gas füllen will, mufs ebenfalls mit einem ähnlichen Ventile versehen sein, das auf die Luftpumpe geschraubt, und wodurch die Luft aus dem Gefäfse ausgepumpt werden kann. Man bindet dann luftdicht eine mit gröblichem Pulver von salzsaurem Kalke gefüllte Glasröhre zwischen die mit Gas gefüllte Glocke und das luftleere Gefäfs; werden dann die Ventile beider geöffnet, so saugt das luftleere Gefäfs das Gas aus der Glocke durch die mit salzsaurem Kalk gefüllte Röhre. Das darin liegende Salzpulver nimmt dann alle Feuchtigkeit aus dem Gase auf, welches nun trocken in

das luftleere Gefäfs kommt. Es versteht sich, dafs man das Ventil des letzteren nicht ganz öffnen darf, sondern nur zum Theil, damit nicht das Gas zu schnell durch den salzsauren Kalk gehe. Man mufs zuvor den mehligen Theil des Pulvers durch Absieben weggeschafft haben, weil er sonst leicht mit dem Gase in das luftleere Gefäfs geblasen würde.

Versucht man das Gas über Quecksilber aufzufangen, so wird es davon noch schneller als von Wasser absorbirt und bildet auf der Oberfläche des Quecksilbers ein dunkelgraues Pulver von Chlorquecksilber.

Die Farbe des Chlorgases ist dunkelgelb. Je mehr es mit Luft vermengt ist, um so blasser ist es. Einige finden etwas Grünliches in seiner Farbe. In Beziehung hierauf bekam es von Humphry Davy seinen Namen, vom griechischen Worte χλωρος, was grasgrün bedeutet. Es hat einen eigenthümlichen, erstickenden Geruch, welcher ein Gefühl von Trockenheit in der Nase und eine Reitzung in der Luftröhre mit Druck auf der Brust hervorbringt, was kürzere oder längere Zeit anhält, je nachdem die Luft, die man eingeathmet hat, mehr oder weniger mit Chlorgas vermischt war. Die Symptome gehen leicht in Schnupfen mit Kopfweh und gelindem Fieber über. Reines Chlorgas ist beim Einathmen absolut tödtlich. Sein spec. Gewicht ist 2,47. Es unterhält das Verbrennen sehr vieler Körper, und die meisten entzünden sich darin bei der gewöhnlichen Temperatur der Luft, wodurch es sich sowohl von Sauerstoff als Schwefel unterscheidet. Ein grofser Theil der Metalle, wenn sie als Pulver hineingebracht werden, entzünden sich darin und glühen fort, indem sie sich mit Chlor verbinden. Diese Verbindungen werden Chlormetalle genannt und gehören zu der Klasse von Körpern, welche wir Salze nennen. Ein Wachslicht brennt im Chlorgase mit rufsender Flamme.

Wird Chlorgas zu $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{5}$ seines vorigen Volums zusammengedrückt, so wird es, nach Faraday's Versuchen, condensirt, und bildet eine tief dunkelgelbe oder grünlichgelbe Flüssigkeit, welche, selbst weit unter dem

Gefrierpunkte des Wassers, nicht fest wird. Ihr spec. Gewicht scheint 1,33 zu sein. Sie bricht das Licht weniger als Wasser, und kann bei diesem Drucke, in einem schicklichen Apparate, bei + 33° überdestillirt werden. Hört der Druck auf, so verdampft die Flüssigkeit sogleich, und erregt dabei eine so starke Kälte, dafs sich ein Theil des condensirten noch einige Augenblicke lang flüssig erhält, nachdem der Druck schon aufgehört hat.

Chlor verbindet sich schwierig mit Sauerstoff, und nie unmittelbar. Wir kennen vier Oxydationsstufen davon, ein Oxyd und drei Säuren, worin Chlor den Sauerstoff in dem relativen Verhältnisse 2, 3, 5 und 7 aufnimmt. Wir werden späterhin diese Körper kennen lernen.

Chlor verbindet sich mit Wasserstoff, so viel man bis jetzt weifs, nur in einem einzigen Verhältnisse zu Chlorwasserstoff, welcher eine der stärksten Säuren bildet, bekannt unter dem Namen Salzsäure, deren ausführlichere Beschreibung unter den Säuren folgt. Werden gleiche Volumina Chlorgas und Wasserstoffgas bei Feuerlicht oder im Dunkeln mit einander vermengt, so verbinden sie sich nicht; wird aber das Gemenge vom Tageslicht getroffen, so vereinigen sie sich nach und nach, und es verschwindet die Farbe des Gases. Geschieht der Versuch über Wasser, so steigt dieses in dem Maafse, als die Verbindung vor sich geht, weil das salzsaure Gas, welches gebildet wird, darin auflöslich ist. Waren die Gase rein und genau gemessen, so bleibt kein Rückstand. Wird dagegen das Gemenge unmittelbar von den Sonnenstrahlen getroffen, so brennt es mit Knall ab, wie Knallluft. Diese Mengung darf daher nie im Tageslichte vorgenommen werden, und will man diesen Effekt durch das Sonnenlicht hervorbringen, so macht man die Mengung in einem dunkeln Zimmer, bedeckt das Gefäfs mit einem undurchsichtigen Futterale, wenn es in's Tageslicht gebracht wird, und nimmt jenes durch eine passende Vorrichtung ab, so dafs man vor den Glassplittern gesichert ist, wenn das Glas zerschlagen wird. Ist die Luft klar und steht die Sonne hoch am Himmel, so explodirt das

Gemenge in dem Augenblicke, in dem es enthüllt wird. Es sind in diesem Falle die Strahlen des violetten Saumes vom Farbenbilde, welche das Gasgemenge entzünden. Die rothen, gelben oder grünen wirken nicht darauf. Deshalb entsteht keine Explosion, wenn das Gas in Glas eingeschlossen ist, welches eine von diesen Farben hat. Auch der elektrische Funken entzündet dieses Gasgemenge. Sammelt man das durch die Explosion gebildete salzsaure Gas, so findet man, dafs sein Volum gleich grofs mit dem Volum des Gasgemenges vor der Verbindung ist, so dafs also hier keine Condensation statt findet.

Chlorstickstoff.

Mit Stickstoff verbindet sich Chlor, wenn beide in *status nascens* sind, zu einem Körper von sehr sonderbaren Eigenschaften, welcher im J. 1812 von Dulong entdeckt wurde. Wir nennen ihn Chlorstickstoff. Man erhält ihn, wenn man eine Glasglocke mit einer nicht völlig gesättigten Auflösung von salzsaurem Ammoniak, oder überhaupt von einem Ammoniaksalze in Wasser füllt, diese dann in eine mit derselben Flüssigkeit gefüllte Schaale umstülpt, und hierauf Chlorgas in die Glocke leitet; das Gas wird allmählich absorbirt, die Flüssigkeit nimmt eine gelbliche Farbe an, und man sieht ölartige Tropfen sich auf der Oberfläche bilden, die dann zu Boden sinken und sich zu einem pomeranzengelben, ölartigen Liquidum ansammeln, welches Chlorstickstoff ist. Bei der gewöhnlichen Temperatur der Luft geht seine Bildung nur langsam vor sich, aber bei + 28° bis + 30° sehr schnell. Der Verlauf dieser Operation ist folgender: Das Ammoniak in dem Salze besteht aus Stickstoff und Wasserstoff. Ein Theil Chlor verbindet sich mit dem Wasserstoffe zu Salzsäure, die in der Flüssigkeit bleibt, und der Stickstoff verbindet sich in dem Entstehungs-Momente mit einem andern Theile Chlor, aber diese Verbindung ist in Wasser schwer löslich, und sie scheidet sich, nachdem die Flüssigkeit, so viel sie konnte,

konnte, davon aufgenommen hat, in Gestalt feiner Tropfen ab, die sich dann zu gröfseren ansammeln. Sobald die Flüssigkeit einen gewissen Ueberschufs an Säure erhalten hat, hört alle fernere Einwirkung des Chlors auf.

Chlorstickstoff ist eine ölartige, pomeranzengelbe Flüssigkeit, die in Berührung mit der Luft sehr schnell verfliegt, wo sie dann wie Chlor riecht, obgleich der Geruch nicht vollkommen derselbe ist, und stark die Augen reizt. Ihr specifisches Gewicht ist 1,653. Sie wird selbst bei hohen Kältegraden nicht fest. In verschlossenen Gefäfsen kann sie bei $+71°$ unverändert überdestillirt werden. Bei $+93°$ geschieht dieſs mit heftigem Kochen oder fast Aufbrausen, und bei einer Temperatur zwischen $+96$ und $100°$ explodirt sie mit einem äufserst heftigen Knalle, wodurch selbst offene Gefäfse, worin sie sich befindet, zerschlagen werden. Diese Explosion ist von Feuer begleitet, und die Flüssigkeit verwandelt sich dabei in ein Gemenge von Chlorgas und Stickgas, in welchem sich das Volum des ersteren zu dem des letzteren verhält $= 3:1$. Die Ursache der Heftigkeit dieser Zersetzung und des Feuers, welches sich dabei zeigt, ist für uns ein Räthsel. Wir haben zuvor gesehen, dafs Feuer und Explosionen bei den Verbindungen gasförmiger Körper entstehen, und haben dieſs, als von der Vereinigung herrührend, erklärt. Hier sehen wir eine Feuererscheinung, mit durchaus gleichen äufseren Charakteren, durch eine entgegengesetzte Ursache hervorgebracht, nämlich durch die Trennung zweier mit einander verbundenen Körper. Dieser Umstand scheint eine Unvollkommenheit entweder in der Erklärung der Entstehung des Feuers bei den chemischen Verbindungen, oder in der Erklärung des inneren Verlaufes dieser Erscheinung anzuzeigen. Wir werden indessen künftig noch einige ähnliche Fälle kennen lernen, in welchen, wie es scheint, nur durch Trennung von Körpern Feuer entsteht. Alle diese Fälle kommen darin überein, dafs die Körper, welche sich trennen, durch eine sehr lose Verwandtschaft verbunden sind, die nur bei niedrigen Temperaturen wirksam ist, und welche bei zunehmender Temperatur auf-

hört, indem die Körper entweder bloſs von einander getrennt, oder auf andere, beständigere Art verbunden werden. Das Chloroxyd, das Wasserstoff-Superoxyd, der Jodstickstoff liefern ähnliche Beispiele.

Die Leichtigkeit, womit der Chlorstickstoff explodirt, macht alle Versuche damit sehr gefährlich, und man darf sich damit nicht ohne die strengsten Vorsichtsmaaſsregeln beschäftigen, z. B. ohne die Apparate mit einem Schirm von Drathgewebe zu umgeben, ohne Glasmaske vor dem Gesichte, u. dgl. Die Untersuchung dieses Körpers zog seinem Entdecker Dulong einen ernstlichen Augenschaden zu und verstümmelte ihm die Finger, und der berühmte Davy, welcher die Untersuchung fortsetzte, wurde im Auge durch eine unvorhergesehene Explosion desselben verwundet. Um auf die einfachste und am wenigsten gefährliche Art die explodirende Kraft dieses Stoffes zu zeigen, läſst man einen Tropfen davon von etwas Flieſspapier aufsaugen, und nähert dieses dann schnell der Lichtflamme, wodurch er mit einem stärkeren Knalle als ein Büchsenschuſs explodirt. Will man dagegen die dadurch entstehenden gewaltsamen Wirkungen zeigen, so kann man auf eine reine Theetasse etwas, von ein wenig Wasser bedeckten, Chlorstickstoff legen, die Theetasse auf ein loses Brett auf den Boden setzen, und dann den Chlorstickstoff entweder mit einem heiſsen Eisen oder mit einem in etwas Baumöl getauchten Stocke berühren. Das Wasser wird umher geworfen, und das Stück der Theetasse, auf welchem der Chlorstickstoff lag, wird tief in das Brett geschlagen.

Chlorstickstoff, mit reinem Wasser in einer verschlossenen Flasche vermengt, löst sich darin nach und nach auf, das Wasser wird zersetzt, sein Sauerstoff giebt mit dem Stickstoffe salpetrichte Säure, und sein Wasserstoff mit Chlor Salzsäure. Setzt man ein Metall zur Flüssigkeit, so nimmt dieses Chlor auf und Stickgas wird frei.

Wird Chlorstickstoff mit concentrirter Salzsäure (Chlorwasserstoff) übergossen, so entsteht, durch die Verwandtschaft der Säure zum Ammoniak, eine gegenseitige Zer-

setzung der Säure und des Chlorstickstoffs, wobei sich der Stickstoff mit dem Wasserstoffe eines Theiles der Säure zu Ammoniak verbindet und Chlorgas entwickelt wird, wovon $\frac{1}{3}$ vom Chlorstickstoff und $\frac{2}{3}$ von zersetzter Salzsäure kommen. Übergiefst man Chlorstickstoff mit verdünntem, liquidem Ammoniak (Stickstoff-Wasserstoff), so wird er ebenfalls zersetzt, das Chlor darin verbindet sich mit dem Wasserstoffe des Ammoniaks zu Salzsäure, welche salzsaures Ammoniak bildet, und Stickgas wird frei, wovon $\frac{1}{3}$ vom Chlorstickstoffe und $\frac{2}{3}$ vom Ammoniake herrühren.

Der Chlorstickstoff hat die Eigenschaft zu explodiren, wenn er mit gewissen Körpern in Berührung kommt, mit andern dagegen sich ohne Explosion zu vereinigen. Wegen der Sicherheit bei Versuchen mit diesem Körper, ist es von Wichtigkeit zu wissen, mit welchen er explodirt. Die Ursache dieser Explosion durch Berührung mit gewissen Körpern möchte wohl davon abzuleiten sein, dafs er sich mit ihnen verbindet und sich so erhitzt, dafs der noch freie Theil durch die Hitze explodirt.

Von unorganischen Körpern explodirt er nicht mit folgenden: Schwefelkohlenstoff, worin er sich leicht auflöst; wird dieser dann angezündet und brennt, so erleidet der Chlorstickstoff eine langsame Zersetzung; verdünnte Auflösungen von Alkali, sowohl Kali als Ammoniak; Schwefel; Kohle; Schwefelwasserstoff- und Arsenikwasserstoffgas, aus denen Schwefel und Arsenik abgeschieden werden; Metalle, z. B. Zink, Zinn, Quecksilber, Kupfer; Schwefelmetalle, z. B. Schwefelantimon, Zinnober; concentrirte Säuren; Salze, z. B. salpetersaures Silber, welches indefs davon getrübt wird und Chlorsilber giebt.

Mit folgenden unorganischen Materien explodirt er: Phosphor giebt von allen die stärkste Explosion; alle Verbindungen von Phosphor in unverbranntem Zustande, z. B. Phosphorcalcium, Phosphorwasserstoffgas, die Auflösung von Phosphor in Schwefelkohlenstoff, in Aether, in flüchtigen Oelen; Stickoxydgas; concentrirtes kaustisches Kali und concentrirtes kaustisches Ammoniak.

Mit folgenden organischen Producten explodirt er nicht: Alkohol, welcher ihn nicht auflöst, sich aber damit zu einem in Alkohol unlöslichen, nicht explodirenden, ölartigen Körper verbindet; Aether, mit welchem er sich auf dieselbe Art verhält, die Verbindung gleicht Wachs; Kampher, mit welchem er sich verbindet, und aus welcher Verbindung er wieder durch Alkohol abgeschieden werden kann, welcher den Kampher auszieht; Zucker; Manna; Gummi; Stärkemehl; Indigo; Gummi Kino, Catechu, Olibanum, Scammoneum; Aloë, Gummi Ammoniacum; Gummi lacca; Harz; Wachs; Wallrath; Butter; Fett. — Mit folgenden organischen Materien explodirt er: Palmöl, Fischthran, Baumöl, Leinöl, Bernsteinöl, Terpenthinöl, Ambra, Myrrhe, Kautschuck. Die Verbindungen von Talgsäure und Oelsäure (die Seifen) mit den Oxyden des Quecksilbers, Silbers und Kupfers explodiren; aber die entsprechenden Verbindungen mit den Erdarten und mit Zinn- und Kobaltoxyd explodiren nicht. Mehrere der Flüssigkeiten, welche mit dem Chlorstickstoffe explodiren, verlieren diese Eigenschaft, wenn man zuvor Chlorgas durch dieselben leitet.

Chlorschwefel.

Mit Schwefel verbindet sich Chlor leicht bei gewöhnlicher Temperatur. Man legt gewaschene und getrocknete Schwefelblumen in ein hohes cylindrisches Glasgefäfs, und leitet Chlorgas bis auf den Boden des Gefäfses. Der Schwefel absorbirt das Gas, erweicht und schmilzt endlich zu einer dunkelgelben Flüssigkeit. Die Masse wird warm und mufs dadurch abgekühlt werden, dafs das Gefäfs in mit Eis vermengtes Wasser gesetzt wird. Man läfst das Gas so lange durchstreichen, als es noch aufgesogen wird. Ist der Schwefel vollkommen gesättigt, so hat die Flüssigkeit eine schöne in's Gelbe ziehende rothe Farbe. Sie hat einen eigenthümlichen, sehr unangenehmen Geruch, und einen scharfen, unangenehmen Geschmack. Sie raucht an der Luft. Ihr spec. Gewicht ist 1,628. Bei + 93° kann sie unverändert überdestillirt werden. In Wasser sinkt sie

zu Boden wie ein Oel, und zersetzt sich langsam damit, wobei sich das Chlor mit Wasserstoff zu Salzsäure, und der Schwefel mit Sauerstoff zu unterschweflichter Säure verbinden, welche letztere jedoch sich bald auf die, dieser Säure eigenen Art, in schweflichte Säure und Schwefel, welcher sich niederschlägt und die Flüssigkeit unklar macht, zu zersetzen anfängt. Ein getrocknetes Lackmuspapier wird nicht von Chlorschwefel geröthet, aber wohl ein solches, welches Feuchtigkeit enthält, auf deren Kosten sich diese Säuren bilden. 100 Th. Schwefel nehmen 220 Th. Chlor auf, und in 100 Th. besteht die Verbindung aus 31,25 Schwefel und 68,75 Chlor.

Man kann diese Verbindung noch auf die Weise erhalten, dafs 100 Th. Chlorquecksilber (salzsaures Quecksilberoxyd, Sublimat) mit 11 $\frac{1}{4}$ Th. Schwefel wohl vermengt und bei gelinder Wärme destillirt werden. Statt des Chlorquecksilbers kann man auch Chlorzinn anwenden, dann nimmt man aber $\frac{1}{4}$ von dessen Gewicht Schwefel.

Chlorschwefel nimmt noch einmal so viel Schwefel auf, als er vorher enthält, wenn er in einer verkorkten Flasche mit mehr Schwefel vermengt und einer gelinden Digestionswärme ausgesetzt wird. Er wird dann Chlorschwefel im Minimum genannt. Sein spec. Gewicht ist 1,699. Diese Verbindung gleicht der vorhergehenden hinsichtlich der äufseren Eigenschaften, sie ist aber von weit geringerer Beständigkeit. Bei der Destillation läfst sie den hinzugekommenen Schwefel in der Retorte zurück, und läfst man sie in trockner Luft gelinde verdampfen, so verfliegt das Chlor mit der einen Hälfte Schwefel, während die andere in Krystallen anschiefst. Ihre Zersetzung durch Wasser ist wie die der andern, nur dafs sie mehr Schwefel absetzt. Sie besteht aus 100 Th. Schwefel mit 110 Th. Chlor, oder in Procent aus 45,71 Th. Schwefel und 54,29 Th. Chlor.

Chlorschwefel löst Phosphor auf; von Wasserstoffgas oder Schwefelwasserstoffgas wird er aber nicht verändert.

Chlorphosphor.

Phosphor entzündet sich und brennt mit blasser Flamme im Chlorgase. Beträgt die Menge des Phosphors nicht mehr als 1 Gran auf 9 Cubikzoll Gas, so wird das Product der Verbindung fest und setzt sich als ein krystallinisches Gewebe ab; beträgt aber der Phosphor mehr als 2 Gran, so wird die Verbindung flüssig. Chlor giebt mit Phosphor drei bestimmt verschiedene Verbindungen; ihre Eigenschaften und Bereitungsarten sind folgende:

a) Chlorphosphor im Maximum wird auf zwei Arten erhalten: 1) Phosphor wird in eine mit einem Ventile versehene Retorte gelegt. Die Luft wird ausgepumpt und trocknes Chlorgas allmählich hineingelassen; der Phosphor fängt an zu rauchen, und entzündet sich, wenn das Gas schnell hinzugelassen wird. Wenn kein Gas mehr absorbirt wird, so findet man auf den Wänden der Retorte einen weifsen Körper sublimirt, welcher diese Verbindung ist. 2) Intermediärer Chlorphosphor, dessen Bereitungsart unten folgt, wird in ein cylindrisches Glasgefäfs gelegt, in welches man bis auf den Boden trocknes Chlorgas leitet. Das Gas wird eingesogen und der zuvor liquide Chlorphosphor wird fest. Wenn kein Gas mehr aufgenommen wird, so ist die Verbindung fertig. Um sicher zu sein, dafs kein Theil der intermediären Verbindung mehr übrig ist, wird das Gefäfs gelinde am Boden erwärmt, wo dann die letztere, als die flüchtigste, sich höher im Gefäfse hinauf zieht, und da vom Gase getroffen wird. Auf diese Art erhält man diese Verbindung am besten in gröfserer Menge und ohne dazu kostbare Apparate zu bedürfen.

Die Verbindung ist schneeweifs und stellt, auf die erste Bereitungsart erhalten, eine weifse, krystallinische Wolle, nach der letzteren, eine mehr zusammenhängende Masse dar. Sie sublimirt sich mit der gröfsten Leichtigkeit bei einer Temperatur, welche nicht bis zu $+100°$ geht, und bei einer gelinden Pression in verschlossenen Gefäfsen, z. B. in einer wohl verkorkten Glasröhre kann

sie vor der Verflüchtigung geschmolzen werden. Beim Erkalten erlangt sie eine krystallinische Textur und wird durchscheinend. An der Lichtflamme entzündet sie sich und brennt unter Bildung von Phosphorsäure und Entwickelung von Chlor. Die meisten brennbaren Körper verbinden sich mit dem Chlor derselben und scheiden den Phosphor ab. Mit Wasser verbindet sie sich mit solcher Heftigkeit, daſs wenn sie in Pulverform oder als gröſseres Stückchen in Wasser gebracht wird, ein groſser Theil der Verbindung durch die Hitze verflüchtigt wird, welche durch die Auflösung eines andern Theiles entsteht. Gieſst man dagegen, umgekehrt, eine gröſsere Menge Wassers auf Pulver von diesem Körper, so wird es, ohne daſs dieser verfliegt, aufgenommen, wobei aber dieser, nach Dulong, eine Art von Veränderung erleidet, ehe er vom Wasser aufgenommen wird, und in Form von ölartigen Tropfen auf die Oberfläche steigt, welche dann niedersinken und ohne Rückstand aufgelöst werden. Durch die Auflösung in Wasser wird er vollkommen zersetzt, der Phosphor oxydirt sich auf Kosten des letzteren zu Phosphorsäure, und der Wasserstoff, welcher dabei vom Sauerstoffe geschieden wird, ist gerade hinreichend, um das Chlor in Salzsäure zu verwandeln. Hieraus folgt, daſs er auf 100 Th. Phosphor 564,13 Th. Chlor enthalten, oder in 100 Theilen aus 15,14 Phosphor und 84,96 Th. Chlor bestehen muſs. Da dieser Körper in Gasform die Eigenschaft hat, ein hineingebrachtes, scharf getrocknetes Lackmuspapier zu röthen, so hat man ihn als eine eigene Säure betrachtet; aber wahrscheinlich werden die Säuren auf Kosten des Lackmuspapiers gebildet, dessen Farbe sie dann röthen.

b) Intermediärer Chlorphosphor. Er wird am besten auf die Art erhalten, daſs man in eine, an dem einen Ende zugeschmolzene Glasröhre trocknen und reinen Phosphor legt, so daſs er auf dem Boden der Röhre zu liegen kommt. Hierauf legt man kleine Stücke von Chlorquecksilber im Minimum (Calomel) hinein, so daſs die Röhre davon in einer Länge von 6 oder 8 Zoll an-

gefüllt wird. Das offne Ende der Röhre wird dann vor der Glasbläserlampe ausgezogen und etwas niederwärts gebogen, worauf die ausgezogene Röhre durch einen Kork in eine zur Aufnahme des Chlorphosphors bestimmte Flasche geführt wird. Es ist am besten, diese Flasche mit kaltem Wasser oder Eis abzukühlen. Man erhitzt nun den Theil der Röhre, in welchem das Chlorquecksilber liegt, so stark, als es das Salz, ohne zu sublimiren, ertragen kann, und hierauf erhitzt man auch den Phosphor, so dafs er langsam abdestillirt. So wie die Dämpfe des Phosphors das Chlorquecksilber berühren, verbindet sich der Phosphor mit dem Chlor zu einem flüchtigen Körper, welcher sich in der abgekühlten Vorlage condensirt. Das Quecksilber wird theils in Metallform wieder hergestellt, theils verbindet es sich mit Phosphor zu einem dunkelröthlichen Körper, welcher in der Röhre zurück bleibt. In der Vorlage sammelt sich eine farblose, leichtfliefsende Flüssigkeit, welche sehr stark an der Luft raucht. Sie ist gewöhnlich durch etwas überschüssigen Phosphor verunreinigt, und bisweilen geht auch etwas Quecksilber mit über, wovon sie durch Umdestillirung befreit werden kann. Diese Flüssigkeit hat einen eigenen, stinkenden, unangenehmen Geruch. Ihr spec. Gewicht ist 1,45. Sie röthet nicht ein wohlgetrocknetes Lackmuspapier, aber wohl ein solches, welches nicht getrocknet ist. Sie kann an der Lichtflamme entzündet werden und brennt mit der Flamme des Phosphors. In Wasser sinkt sie wie ein Oel zu Boden, und löst sich dann allmählich, durch Zersetzung des Wassers, als Salzsäure und phosphorichte Säure auf. Dabei sieht man auf jedem Tropfen sich eine Luftblase bilden, welche bisweilen so zunimmt, dafs der Tropfen auf die Oberfläche des Wassers steigt. Da in diesem Falle die Bestandtheile des Chlorphosphors gerade phosphorichte Säure und Salzsäure bilden, so kann kein Gas entwickelt werden, und deshalb sind diese Luftblasen auffallend. Sie bestehen aus, durch Chlorphosphor umschlossenem, salzsaurem Gase, und verschwinden ohne Rückstand, und noch ehe sie die Oberfläche der Flüssigkeit erreichen, sobald diese Umhüllung

sich öffnet und das Gas in unmittelbare Berührung mit dem Wasser kommt. Dieser Chlorphosphor besteht aus 100 Th. Phosphor und 338,49 Th. Chlor, oder in Procent aus 22,8 Th. Phosphor und 77,2 Th. Chlor.

c) Chlorphosphor im Minimum wird erhalten, wenn in dem vorhergehenden so viel Phosphor aufgelöst wird, als er aufzunehmen vermag. Wie viel dieſs ist, ist noch nicht ausgemittelt. Den äuſseren Verhältnissen nach gleicht er dem vorigen. Läſst man ihn von Papier einsaugen, so entzündet sich dieses nach einigen Augenblicken von selbst. Er wird von Wasser in Salzsäure, phosphorichte Säure und Phosphor zersetzt, der indeſs hartnäckig die letzten Antheile Chlor behält. Der Phosphor, welcher dabei zurückbleibt, ist völlig farblos und in geschmolzenem Zustande wasserklar.

Chlor mit Wasser.

Chlorwasser, Bleichwasser. Chlor wird langsam von Wasser absorbirt, welches davon mehr als zweimal sein Volum aufnimmt. Diese Auflösung ist blaſsgelb und hat in hohem Grade den Geruch des Chlorgases. Um das Wasser vollkommen mit Chlorgas gesättigt zu bekommen, ist es nothwendig, daſs das eingeleitete Gas recht befreit von atmosphärischer Luft und andern Gasen ist, aus Gründen, die später, bei Verbindung des Wassers mit Gasen im Allgemeinen, erörtert werden sollen. Diese Verbindung von Chlor mit Wasser ist indeſs nicht eine durchaus einfache Auflösung. Ein Theil Chlor zersetzt Wasser und giebt Salzsäure mit seinem Wasserstoffe, während der Sauerstoff entweder mit einer andern Portion Chlor chlorichte Säure, oder mit einer Portion Wasser Wasserstoff-Superoxyd bildet. Welches von diesen beiden gebildet wird, ist schwer mit Sicherheit auszumachen. Diese Zersetzung geht indessen nicht weit, und es werden nur ganz kleine Quantitäten von diesen Körpern gebildet; aber durch ihre Entstehung erlangt die Flüssigkeit die Eigenschaft, Sauerstoffgas zu entwickeln, wenn sie von den Sonnenstrahlen getroffen wird, was so lange dauert, bis

sich alles Chlor in Salzsäure verwandelt hat, so dafs auf jeden Antheil der Sauerstoff haltenden Verbindung, welche durch das Sonnenlicht zersetzt wird, durch die Einwirkung des Chlors ein neuer Antheil gebildet wird, so lange noch das Wasser Chlor enthält. Wird diese Flüssigkeit, statt von dem Sonnenlichte getroffen zu werden, in Berührung mit einem durch eine Pflanzenfarbe gefärbten Körper gebracht, taucht man z. B. ein Lackmuspapier hinein, so wird die Pflanzenfarbe (Lackmus) zerstört, der hineingetauchte Körper wird farblos oder, wie wir es nennen, er wird gebleicht. Diese Wirkung beruht darauf, dafs die Sauerstoff-Verbindung, welche durch Einwirkung des Chlors auf Wasser gebildet wird, die Farbe durch Oxydirung ihrer Bestandtheile zerstört, welche nun mit dem Sauerstoff ungefärbte Verbindungen bilden. Diese Eigenschaft des Chlorwassers wurde von Berthollet entdeckt, der dann den Gebrauch davon zum Bleichen im Grofsen von Leinen und Baumwolle einführte. Beim Bleichen mit Chlorwasser, das wegen dieser Eigenschaft auch Bleichwasser genannt wird, hält die bleichende Wirkung so lange an, als die Flüssigkeit noch Chlor enthält; aber die Salzsäure, welche dadurch in der Flüssigkeit gebildet wird, kann dem Zeuge leicht schaden, wenn sie nicht wohl ausgewaschen wird. Jetzt wendet man deshalb meist eine Auflösung von chlorichtsaurem Kalke in Wasser an, und bei der Beschreibung dieses Salzes werde ich von der sogenannten chemischen Bleiche ausführlicher sprechen. Eine ähnliche zerstörende Wirkung, welche das Chlor in Verbindung mit Wasser auf Farben organischen Ursprunges ausübt, äufsert es auch auf riechende Ausdünstungen von kranken oder todten Thieren und Pflanzen, so wie auf Seuchen, sowohl solche, welche durch die Luft mitgetheilt werden *(Miasmata)*, als auch solche, welche nur durch unmittelbare Berührung anstecken *(Contagia)*. Man bedient sich deshalb des Chlorwassers, um Leinen und Mobilien, die auf Ansteckungsstoffe verdächtig sind, zu waschen, und man verbreitet Chlorgas in der Luft der Krankenzimmer, besonders während ansteckender Krank-

heiten. Das Chlorgas zerstört dann, mit Hülfe der Feuchtigkeit der Luft, diese schädlichen Einmengungen in derselben, und es wird nun in dieser Absicht allgemein in den Krankenhäusern gebraucht. Zur Entwickelung des Gases bedient man sich eines Gemenges von 1 Th. fein gepulvertem Braunstein und 2 Th. gestofsenem Kochsalz, was man in eine Theeschaale legt, und worauf man theelöffelweise nach und nach ein Gemenge von Schwefelsäure mit gleichen Theilen Wassers gieſst. Es fängt sogleich an Chlorgas zu entwickeln, und hält damit eine Weile an. Man kann auch das in einer Theeschaale enthaltene Braunsteinpulver von Zeit zu Zeit mit etwas Salzsäure befeuchten. Es versteht sich, dafs in den Zimmern, worin die Kranken liegen, die Entwickelung von Chlorgas nicht so stark sein darf, dafs es dem Athmen der Kranken beschwerlich fällt.

Der erste Versuch, durch eine ähnliche Räucherung stinkende animalische Effluvien zu zerstören, wurde von Guyton de Morveau 1769 gemacht, um den unerträglichen Leichengeruch wegzuschaffen, womit eine Kirche zu Dijon erfüllt war, da man im Frühjahre die Leichen hinausbrachte, welche während des Winters, wo es schwer war, sie in die gefrorne Erde zu begraben, in die gemauerten Gräber der Kirche gesetzt worden waren. Guyton de Morveau wandte aber salzsaures Gas (Chlorwasserstoff) an, was zwar weniger kräftig ist, aber doch die gewünschte Wirkung that. Nachher wäre diese Anwendung beinahe in Vergessenheit gerathen, als ein englischer Arzt, Namens Smith, von neuem die Aufmerksamkeit auf seinen Nutzen in Krankenhäusern bei ansteckenden Epidemien erregte; und nun kann man den Gebrauch des Chlorgases in solchen Fällen zu den vollkommen erprobten Mitteln rechnen

Chlor mit Krystallwasser, krystallisirtes Chlor. Wird Chlorgas in eine kleine Quantität Wassers von 0° Temperatur geleitet, so setzen sich aus diesem Wasser Krystallschuppen ab, und man kann es endlich ganz und gar in Krystalle verwandeln. Man kannte lange

diese Krystalle, ohne bestimmt ihre Natur zu kennen; Davy zeigte, dafs sie Wasser enthalten, und Faraday hat uns sowohl ihre Eigenschaften, als ihre Zusammensetzung näher kennen gelehrt. Er glaubt bemerkt zu haben, dafs sie leichter im Dunkeln, als im Lichte gebildet werden. Sie sind von blasser hellgelber Farbe, von gröfserem spec. Gewichte als 1,2, verdunsten leicht an der Luft und sublimiren sich in verschlossenen Gefäfsen, in einer Atmosphäre von Chlorgas, wie Kampher, von einer Stelle zu der andern, wenn nämlich die Temperatur, ohne im mindesten über diejenige zu gehen, wobei sie gebildet werden, auf irgend einer Stelle des Gefäfses niedriger wird, als auf der, wo die Krystalle liegen. Sie bilden bei dieser Sublimation Nadeln, welche bisweilen einen halben Zoll lang in das Gefäfs reichen. Ihre Form scheint ein längliches Octaëder mit rhombischer Basis zu sein. In einer Temperatur über + 4° werden sie in Chlorgas und Wasser zersetzt. Faraday fand, dafs auf 1 Volum Chlorgas dabei eine Menge Wassers erhalten werde, die 20 Volum Wassergas entspricht, oder dem Gewichte nach auf 100 Th. 27,7 bis 28 Th. Chlor auf 72,3 bis 72 Th. Wasser. Diese Krystalle geben bis jetzt das einzige Beispiel einer chemischen Verbindung eines nicht oxydirten, einfachen Körpers mit Wasser.

Einige Versuche, welche Faraday mit diesem Körper anstellte, gaben Veranlassung zur Entdeckung der Condensirung der Gase durch den Druck, welchen sie selbst ausüben. Eine Glasröhre wurde an dem einen Ende zugeschmolzen und in der Mitte in einem stumpfen Winkel gebogen. Hierauf wurden die Krystalle von Chlor hineingelegt und das offne Ende zugeschmolzen. Alsdann wurde das Ende der Röhre, in welchem die Krystalle lagen, in Wasser von + 15° gesenkt, wobei keine Veränderung bemerkt wurde. Dann wurde es in Wasser von + 32° à 33° gesenkt. Nun trennte sich das Chlor vom Wasser, und sank als ein dunkelgelber, ölartiger Körper zu Boden. Die darüber stehende Flüssigkeit schien ein gesättigtes Chlorwasser zu sein. Wurde die Röhre noch

länger in dem Wasser gehalten, dessen Wärme noch etwas vermehrt, während das freie Ende abgekühlt wurde, so destillirte das Chlor über und sammelte sich in dem kalten Ende an. Das Gemenge von Chlor und Wasser wurde bei +33° umgeschüttelt, ohne dafs sie sich wieder verbanden, und in Ruhe gelassen sank das Chlor zu Boden; als aber die Temperatur allmählich bis +21° abnahm, so verbanden sie sich wieder und krystallisirten.

6. Jod.

Das Jod wurde im Jahre 1811 von einem Sodafabrikant in Paris, Namens Courtois entdeckt. Er fand es in der Mutterlauge bei der Sodabereitung aus der Art roher Soda, welche durch Einäscherung verschiedener Tangarten erhalten wird, und welche im Handel Kelp oder Varec genannt wird. Seine chemische Natur wurde zuerst von Humphry Davy und dann viel vollständiger von Gay-Lussac dargethan. Bis jetzt hat man diesen Körper nur in der organischen Natur, nämlich als Bestandtheil verschiedener Seepflanzen gefunden, besonders in mehreren Species von Fucus und Ulva, so wie in dem Badeschwamme *(Spongia officin.)*, in welchem er, wenigstens zum Theil, als Jodnatrium enthalten ist, und in dessen Asche man ihn blofs mit Natrium vereinigt findet *). Es war natürlich zu vermuthen, es zögen diese Pflanzen diese Materie aus dem Seewasser aus; aber Tennant, Davy, Gaultier und Fyfe haben sie vergeblich darin gesucht; auch die Erde, welche den Meeresboden bildet, welcher der Standort dieser Pflanzen ist, enthält kein Jod. Man hat auch angegeben, dafs Jodnatrium mit Kochsalz in Deutschland vorkomme, und dafs es sich in dem Wasser einer Quelle in Piemont finde, allein diese Angaben

*) In dem weniger salzigen Wasser der Ostsee ist der Gehalt an Jod in der Asche dieser Pflanzen weit geringer, so dafs man dessen Vorhandenseyn lange bezweifelt hat. Ich habe indefs Gelegenheit gehabt, mich von seiner Gegenwart zu überzeugen bei Untersuchung der Asche von Tangarten von den Stränden von Blekinge.

bedürfen noch einer Bestätigung. Dafs sich Jod, als einer der einfachen Körper betrachtet, in organischen Körpern findet, ohne in denjenigen zu sein, von welchen jene zu ihrem Wachsthume die Urstoffe nehmen, verdient gewifs der Gegenstand genauer Untersuchungen zu werden.

Jod wird auf folgende Weise erhalten: Nachdem man die löslichen Theile im Kelp ausgelaugt hat, verdunstet man die Flüssigkeit zur Krystallisation, und erhält, in aufeinander folgenden Abdampfungen und Krystallisationen, zuerst fremde Salze und dann kohlensaures Natron; es bleibt zuletzt eine Mutterlauge übrig, welche keine Krystalle mehr liefert. Diese enthält nun Jodnatrium, verunreinigt durch Chlornatrium (Kochsalz), Schwefelnatrium, kohlensaures Natron, so wie schwefelsauren Kalk und schwefelsaures Kali. Man vermischt diese Flüssigkeit mit concentrirter Schwefelsäure und kocht sie eine Weile in einem offnen Gefäfse, wobei Schwefelwasserstoffgas und Salzsäure weggehen. Hierauf bringt man das Gemenge in ein Destillationsgefäfs und vermischt es darin mit sehr fein gepulvertem Mangan-Superoxyd (Braunstein). Es wird dann wieder erhitzt, wobei das Jodnatrium durch den Sauerstoff des Mangan-Superoxyds so zersetzt wird, dafs sich das Natrium zu Natron oxydirt, welches sich mit der Schwefelsäure verbindet, und das Jod frei wird. Bei dieser Temperatur verdampft es mit dem Wassergase und erfüllt das Gefäfs mit einem schönen violetten Gase, welches auf den kälteren Theilen desselben in stahlgrauen, metallglänzenden Krystallen anschiefst. Wenn sich ihre Menge nicht mehr vermehrt, so nimmt man sie heraus, preſst sie zwischen Fliefspapier, um sie von Wasser zu befreien, und sublimirt sie noch einmal in einem kleineren und verschlossenen Gefäfse. Sie sind nun reines Jod.

Man kann aus der Mutterlauge Jod auf weniger umständliche Art erhalten, wenn man sie mit Salpetersäure vermischt, wodurch das Jod in Gestalt eines dunkelbraunen Pulvers niederfällt; man verliert aber dabei viel durch seine Löslichkeit in der Flüssigkeit und durch das Verdampfen beim Trocknen.

Jod hat eine ausgezeichnete Neigung, Krystallgestalt anzunehmen, und kann sowohl auf trocknem als nassem Wege angeschossen erhalten werden. Seine Krystalle scheinen längliche Octaëder mit rhombischer Basis zu sein. Es werden dabei gewöhnlich die stumpfen Winkel des Rhombus durch eine neue Fläche abgestumpft, welche so breit wird, dafs die Krystalle platten, schiefen, vierseitigen Tafeln gleichen. Sie haben dieselbe dunkelgraue Farbe und denselben Glanz wie Mangan-Superoxyd. So wie das Jod gewöhnlich im Handel vorkommt, stellt es kleine Krystallschuppen dar, an denen man keine regelmäfsige Gestalt bemerken kann. In feuchtem Zustande verdampfen sie ganz bedeutend an der Luft und verbreiten dabei einen dem des Chlors sehr ähnlichen Geruch, welcher aber doch so viel Eigenthümliches hat, dafs man beide auch an dem Geruche unterscheiden kann. Auf die Zunge gelegt, erregt Jod einen scharfen, dem Geruche analogen Geschmack, welcher lange anhält. In trocknem Zustande ist Jod viel weniger flüchtig. Es schmilzt bei $+107°$ und erstarrt beim Erkalten zu einer im Bruche blättrigen, fettglänzenden Masse, welche sich leicht pulvern läfst. Bei $+175°$—$180°$ kocht es und verwandelt sich in Gas, und hat in diesem Zustande eine ausgezeichnet schöne violette, in's Purpurne ziehende Farbe, welche Veranlassung zu seinem Namen gab (von ἰωδὴς, *viola*, von Gay-Lussac vorgeschlagen). Das Jodgas ist von allen bekannten Gasen das schwerste. Sein spec. Gewicht ist 8,676. An kalte Körper setzt es sich in Krystallen ab.

Jod löst sich in geringer Menge in reinem Wasser auf, welches davon einen schwachen Geruch und brandgelbe Farbe annimmt, aber keinen Geschmack. Es enthält kaum $\frac{1}{7000}$ seines Gewichtes davon. Enthält dagegen das Wasser ein Salz, vorzüglich salzsaures oder salpetersaures Ammoniak, so löst es bedeutend mehr Jod auf; aber nach Gay-Lussacs Versuchen scheint dieſs nicht auf einer Zersetzung der Salze zu beruhen. Das Jodwasser entwickelt weder Sauerstoff im Sonnenlichte, noch bleicht es Pflanzenfarben; aber es verliert, in's Sonnenlicht

gestellt, seine Farbe und enthält dann Jodwasserstoff und Jodsäure. Jod verhält sich im Uebrigen meist wie Chlor, hat aber viel schwächere Affinitäten wie dieses.

Jod verbindet sich mit Sauerstoff in zwei Verhältnissen und bildet eine jodige und eine Jodsäure, welche bei den Sauerstoffsäuren beschrieben werden sollen.

Jod verbindet sich mit Wasserstoff zu einer gasförmigen Säure, Hydriodsäure genannt, welche aus gleichen Maafstheilen Wasserstoffgas und Jodgas besteht, und die unter den Wasserstoffsäuren abgehandelt werden wird.

Jodstickstoff.

Jod kann sich mit Stickstoff verbinden, und diese Verbindung kann auf folgende Weise erhalten werden: Man übergiefst Jod mit kaustischem Ammoniak und läfst sie $\frac{1}{4}$ Stunde mit einander in Berührung. Das Ammoniak wird dann vom Jod auf gleiche Weise wie vom Chlor zersetzt. Ein Theil Jod verbindet sich mit Wasserstoff zu Hydriodsäure, welche sich mit Ammoniak sättigt und hydriodsaures Ammoniak giebt; ein anderer Theil Jod verbindet sich mit dem Stickstoffe in dem Entwickelungs-Augenblicke, und bildet ein in Wasser unlösliches, schwarzes Pulver, welches man auf ein Filtrum nimmt und auswäscht. Dieser Körper hat dieselbe explosive Eigenschaft, wie der Chlorstickstoff, es ist aber noch gefährlicher damit umzugehen, weil er in der Flüssigkeit durch starkes Berühren, oder durch den gelindesten Druck, und sogar von selbst explodirt, wenn er trocken ist; dabei bemerkt man im Dunkeln ein schwaches Licht. Sammelt man die Producte der Detonation auf, so findet man, dafs sie aus Jod und Stickgas bestehen, und sich in Gasform zu einander verhalten wie 1:3, oder vollkommen analog mit der Zusammensetzung des Chlorstickstoffs. Ueberläfst man nassen Jodstickstoff der Einwirkung der Luft, so wird er nach und nach zersetzt, es entweicht Stickgas, und das Wasser enthält ein Gemenge von Jodsäure, und Hydriodsäure. Eben so wird er von kochendem Wasser zersetzt,

so wie von Auflösungen von Kali und Natron, ja sogar von neutralem hydriodsauren Ammoniak.

Jodschwefel.

Jod verbindet sich mit Schwefel, wenn beide mit einander vermengt und gelinde erhitzt werden. Nach dem Erkalten ist die Verbindung eine stahlgraue, glänzende, krystallinische Masse. Bei einer etwas höheren Temperatur, als die ist, wobei sie gebildet wird, trennen sich die Bestandtheile wieder, Jod entweicht als Gas, und Schwefel bleibt zurück.

Jodphosphor.

Jod verbindet sich in mehreren Verhältnissen mit Phosphor. 1 Th. Phosphor mit 6 bis 8 Th. Jod giebt eine pomeranzenfarbene Verbindung, welche bei $+100°$ schmilzt und sich unverändert sublimirt. Von Wasser wird sie zugleich aufgelöst und zersetzt, es bilden sich Hydriodsäure und phosphorichte Säure auf Kosten des Wasser- und Sauerstoffs des Wassers, und es scheidet sich Phosphor ab. Hat man weniger als 6 Th. Jod auf 1 Th. Phosphor genommen, so ist der abgeschiedene Phosphor roth und entweder Phosphoroxyd, oder in derselben Modification, welche er durch das Sonnenlicht erlangt. 1 Th. Phosphor verbindet sich mit 12 Th. Jod zu einer dunkelgrauen, krystallinischen Masse, welche bei $+29°$ schmilzt. Von Wasser wird sie mit Leichtigkeit zersetzt und bildet Hydriodsäure und phosphorichte Säure. 1 Th. Phosphor mit 20 Th. Jod giebt eine schwarze Masse, welche bei $+46°$ schmilzt, und sich beim Auflösen in Wasser in Hydriodsäure und Phosphorsäure verwandelt. Hat man noch mehr Jod genommen, so wird die Auflösung braun von Jod, welches von der Hydriodsäure in Ueberschufs aufgenommen wird. Bei allen diesen Verbindungen von Jod mit Phosphor entsteht Wärme und die Masse wird heifs ohne sich zu entzünden, wenn nicht der Phosphor zugleich in Berührung mit der Luft kommt.

Chlorjod.

Wird Chlorgas in ein Gefäfs geleitet, welches Jod enthält, so wird das Gas sogleich absorbirt und man erhält eine flüssige Verbindung, welche bei einem Ueberschusse von Jod braun ist, farblos, wenn sie gerade gesättigt ist, und gelb, wenn sie einen Ueberschufs von Chlor hat. Sie ist flüchtig und kann ohne Zersetzung destillirt werden. Sie schmeckt sauer und röthet stark Lackmuspapier. An der Luft wird sie feucht und in Wasser löst sie sich auf, welches, wenn ein Ueberschufs von Jod vorhanden ist, davon eine braune Farbe erhält. Das Wasser wird hiebei zersetzt und, wie es scheint, Salzsäure und eine Oxydationsstufe des Jods gebildet, die für sich selbst noch nicht bekannt ist; aber diese Verbindungen haben wenig Bestand: beim Abdampfen bildet sich wieder Chlor, das entweicht, und Jod, das in der Flüssigkeit frei wird, welche eingetauchte Pflanzenfarben bleicht und, wie Chlor, eine Auflösung von Indigo in Schwefelsäure gelbbraun macht. Die gesättigte Verbindung betrachtet man als aus einem Volum Jod und 2 Volum Chlor bestehend.

Verhalten des Jods zu organischen Materien. Jod hat grofse Verwandtschaft zu verschiedenen organischen Materien, mit welchen es sich verbindet ohne sie zu zersetzen, z. B. Zucker, Gummi, Stärkemehl, flüchtige Oele und vor allen Terpenthinöl, u. a., was bei Beschreibung dieser organischen Materien angeführt werden soll. Jod färbt die Haut braun, was indefs bald wieder verschwindet. Auch Papier, Leinen und Holz färbt es braun, aber dann ist die Färbung beständig, und Papier und Leinen werden davon spröde. Von Alkohol und Aether wird Jod aufgelöst.

Unter diesen Verbindungen mit organischen Materien ist eine so charakteristisch, dafs wir uns derselben zur Entdeckung des Jods bedienen, wenn dasselbe in so kleinen Mengen vorhanden ist, dafs es auf andere Weise nicht bemerkt werden kann; diefs ist nämlich die Ver-

bindung des Jods mit Stärkemehl. Vermischt man Stärkemehl mit einer Flüssigkeit, welche freies Jod enthält, so verbindet sich das Stärkemehl damit und wird davon röthlich, braunroth oder selbst schwarz gefärbt, je nach der verschiedenen Menge aufgenommenen Jods. Wird diese Verbindung in Alkali aufgelöst und durch eine Säure gefällt, so wird sie blau. Man hat zwei Arten, um sich des Stärkemehls als Reagens zu bedienen: *a)* das Stärkemehl wird der Flüssigkeit beigemengt, welche, um das Jod aus jeder Verbindung frei zu machen, mit Salpetersäure sauer gemacht wird, worauf man das Gemenge wohl verschlossen stehen läfst. Nach und nach färbt sich hierbei das Stärkemehl. Stromeyer, welcher uns zuerst die Anwendung des Stärkemehls als Reagens auf Jod lehrte, giebt an, dafs auf diese Art $\frac{1}{450000}$ aufgelösten Jods vom Gewichte der Flüssigkeit entdeckt werden könne. *b)* Die Flüssigkeit wird mit Salpetersäure in einer Flasche vermischt, in welcher man über die Oberfläche der Flüssigkeit ein feuchtes, mit etwas Stärkemehl bestreutes Papier aufhängt, worauf die Flasche verkorkt und einige Stunden lang stehen gelassen wird. Enthält die Flüssigkeit Jod, so wird das Stärkemehl davon gefärbt. Baup, welcher zuerst diese Probe angab, hat gefunden, dafs ein Milliontheil vom Gewichte der Flüssigkeit an Jod auf diese Weise sichtbar gemacht werden kann. Diese letztere Probe hat dazu den Vortheil, dafs dabei das Stärkemehl nur von Jod gefärbt werden kann, während es dagegen, wenn es in die Flüssigkeit hineingelegt wird, auch von andern Materien gefärbt werden kann, welche die Säure ausfällt, z. B. bei Prüfung der Mutterlauge verschiedener Sodaarten, wird durch Salpetersäure nach einer Weile Berlinerblau gefällt, welches, mit dem Stärkemehl vermischt, leicht irre führen kann.

Jod ist seit kurzem eines unsrer heroischen Heilmittel geworden. Orfila fand, dafs es, in gröfseren Dosen innerlich genommen, giftige Wirkungen hervorbringe. Coindet entdeckte, dafs es eine specifische Wirkung gegen *Struma* (Kropf) habe, und dafs es im Allgemeinen,

innerlich und äufserlich angewandt, Absorbtion und Umfangs-Verminderung im Drüsensysteme veranlasse.

7. Fluor.

Unter diesem Namen verstehen wir das noch nicht bekannte Radikal der Flufssäure. Es glückte nicht, diesen Körper so aus seinen Verbindungen mit andern abzuscheiden, dafs wir seine Eigenschaften im isolirten Zustande kennen lernen konnten. Auch ist die Frage noch nicht mit völliger Gewifsheit entschieden, ob er in der Flufssäure mit Sauerstoff oder Wasserstoff verbunden ist; mehrere Chemiker nehmen an, nach der Analogie mit der Salzsäure, dafs die Flufssäure aus Wasserstoff und Fluor bestehe. Humphry Davy versuchte, von einer solchen Voraussetzung ausgehend, das Fluor aus seiner Verbindung mit Silber (was wir flufssaures Silberoxyd nennen) durch Chlor auszutreiben. Das Chlor verband sich wirklich mit dem Silber; da aber der Versuch in Glasgefäfsen vorgenommen wurde, welche von der Flufssäure aufgelöst werden, so wurde ein Gemenge von gasförmiger flufssaurer Kieselerde und Sauerstoffgas erhalten. Da hierbei nicht ausgemacht werden kann, ob der Sauerstoff vom Silbersalze oder von der Kieselerde, die, bei ihrer Vereinigung mit Fluor, ihren Sauerstoff abgeben konnte, herrührte, so konnte aus diesem Versuche kein entscheidender Schlufs gezogen werden. Als der Versuch in Platingefäfsen angestellt wurde, so wurde das Metall angegriffen, so dafs man bis jetzt kein Gefäfs finden konnte, in welchem dieser Körper aufgefangen, aufbewahrt und untersucht werden kann. Bei den Versuchen, die man anstellte, um Sauerstoff in den flufssauren Salzen zu entdecken, erhielt man immer negative Resultate. Ich werde bei Beschreibung der Flufssäure auf diesen Gegenstand wieder zurückkommen.

Allgemeine Betrachtungen über Chlor, Jod und Fluor.

Wir haben diese als Körper von einer ganz eigenthümlichen Klasse kennen gelernt, begabt mit Eigenschaf-

ten, die sie von den übrigen Metalloïden auszeichnen; denn 1) haben sie das Vermögen, bei den gewöhnlichen Temperaturen der Luft ihre Affinitäten zu den meisten Körpern mit ausgezeichneter Energie zu äufsern, wogegen die der übrigen Metalloïde erst bei höheren Temperaturen wirksam werden. 2) Ihre Verbindungen mit Wasserstoff sind nicht allein Säuren, sondern gehören auch zu den stärksten Säuren, welche wir in der Chemie anwenden können, und gleichen dabei vollkommen in allen Verhältnissen den stärksten unter denjenigen, in welchen der Sauerstoff einen Bestandtheil ausmacht. Der Schwefel giebt wohl auch mit Wasserstoff eine Säure, allein die sauren Eigenschaften derselben sind so wenig ausgezeichnet, dafs man sie lange bezweifelte. Die Säuren, welche von Chlor und Jod mit Sauerstoff gebildet werden, sind schwächer als die mit Wasserstoff, dagegen ist die Schwefelsäure die stärkste aller Säuren. 3) Wenn sie sich mit einem Metalle verbinden, so entsteht ein Salz. Die Verbindung von Chlor mit dem Metalle Natrium ist unser gewöhnliches Kochsalz, dessen Benennung Salz dann auf die ganze Reihe gleichartiger Körper übertragen wurde. Ich habe bei Beschreibung der Verbindungen des Sauerstoffs mit brennbaren Körpern angeführt, dafs die Oxyde, welche durch elektropositive Metalle und Sauerstoff gebildet werden, Salzbasen, und die, welche durch elektronegative und Sauerstoff entstehen, Säuren genannt werden, und dafs, wenn sich eine Säure mit einer Salzbasis verbindet, ebenfalls ein Salz entsteht. Die Verbindung z. B. von Schwefel, Sauerstoff und Eisen, hat eine so vollkommne Aehnlichkeit mit der von Chlor und Eisen, dafs man, wenn die Krystallform zerstört ist, nicht nach den äufseren Charakteren, sondern nur durch chemische Untersuchung bestimmen kann, welche von beiden es ist. Wird Schwefel mit einem Metalle verbunden, so entsteht ein Körper, der einem Salze nicht ähnlich ist, und die elektropositiven Schwefelmetalle verbinden sich mit den elektronegativen Schwefelmetallen, gleich wie Salzbasen mit Säuren, zu salzartigen Körpern. Dem Stickstoff fehlt

fast ganz das Vermögen, sich mit den Metallen zu verbinden, und der Phosphor hat es nur in sehr geringem Grade.

Diese Eigenschaft des Chlors, Jods und Fluors, mit Metallen Salze zu geben, ohne dafs Sauerstoff mit eingeht, macht ihren Hauptcharakter aus. Aber er kommt nicht ausschliefslich diesen Dreien zu, sondern auch mehrere zusammengesetzte Körper haben ihn mit diesen gemein, wie z. B. Stickstoffkohlenstoff, welchen ich später unter dem Namen Cyan beschreiben werde. Um mit einem gemeinschaftlichen Namen die eigne Klasse einfacher und zusammengesetzter Körper, welche mit den Metallen ohne Sauerstoff Salze geben, umfassen zu können, will ich sie Salzbilder (*Corpora Halogenia*, von ἅλς Salz und γεννάω ich erzeuge) nennen. Verfolgen wir das Beispiel mit dem schwefelsauren Eisenoxydul und dem Chloreisen noch weiter, so finden wir das Metall in letzterem vereinigt mit Chlor, und in ersterem mit Schwefel und Sauerstoff; nehmen wir dann den Schwefel und den Sauerstoff als mit einander verbunden an, so bekommen wir den Begriff von einem zusammengesetzten Salzbilder, in welchem nicht nur der Sauerstoff der Schwefelsäure, sondern auch der Sauerstoff, welcher vor der Verbindung dem Eisenoxydul angehörte, als Bestandtheil eingeht, und es würde, wie ich übrigens, bei der Lehre von den Salzen im Allgemeinen, umständlicher zeigen werde, keine Schwierigkeiten mit sich führen, auf diese Art alle Salze als aus einem Metall und einem einfachen oder zusammengesetzten Salzbilder zusammengesetzt zu betrachten, wenn nämlich die zusammengesetzten Salzbilder, welche durch die Verbindung der Säure mit dem Sauerstoff der Base entstehen würden, je isolirt erhalten werden könnten. Wegen dieses Umstandes war man lange veranlafst, Chlor als einen solchen Salzbilder zu betrachten, der aus einem unbekannten Radikale, Murium, Muriaticum, und 2 Antheilen Sauerstoff zusammengesetzt sei, von welchen der eine Antheil jenes in eine Säure, Salzsäure, *acidum muriaticum* genannt, verwandelte, und von welchen der an-

dere, den man halb so groſs als den ersten glaubte, gerade hinreichte, zur Salzbasis das Metall zu oxydiren, womit sich Chlor vereinigte. Schon Scheele, welcher das Chlor entdeckte, betrachtete es so, und nannte es dephlogisticirte Salzsäure, was von den sogenannten antiphlogistischen Chemikern mit oxydirter Salzsäure *(acidum muriaticum oxygenatum)* übersetzt wurde, und was ich dann in Salzsäure-Superoxydul verwandelte, weil der Name oxydirte Salzsäure nach dieser Theorie der Chlorsäure zukam. Die Erscheinungen, welche von Chlor und den einfachen Salzbildern überhaupt mit andern Körpern hervorgebracht werden, sind so beschaffen, daſs sie eben so gut nach dieser Ansicht, wie nach derjenigen erklärt werden können, nach welcher das Chlor als ein einfacher Körper betrachtet wird; und die groſse Analogie zwischen den Salzen, welche von Metallen mit Chlor, und denen, welche aus der Verbindung oxydirter Salzbasen mit Sauerstoffsäuren entstehen, veranlaſste mich die ältere Ansicht vom Chlor, nach welcher es als ein oxydirter Körper betrachtet wird, lange als die wahrscheinlich richtigere zu vertheidigen. Der Umstand, daſs es nie gelang, aus Chlor oder irgend einem wasserfreien salzsauren Salze Sauerstoff abzuscheiden, verbunden mit dem Verhalten des Kohlenstoffs zum Chlor, wovon später die Rede sein wird, schien indeſs darzuthun, daſs man Chlor nicht für einen sauerstoffhaltigen Körper halten könne; und nachdem Salze entdeckt waren, die aus Metallen und einem zusammengesetzten Salzbilder bestehen, und in welchen die Abwesenheit des Sauerstoffs auſser allen Zweifel gesetzt werden kann, so war kein Grund mehr da, die alte Erklärungsart beizubehalten und Chlor als einen oxydirten Körper zu betrachten. Gay-Lussac und Thénard bewiesen zuerst, daſs Chlor mit gleichem, wenn nicht gröſserem Rechte, als ein einfacher und nicht als ein oxydirter Körper betrachtet werden könne; aber sie lieſsen die Wahl der Ansichten dahingestellt sein, bis Davy, dessen Versuche gleiche Ansichten bei ihm erweckt hatten, diese Erklärungsart als die einzig richtige aufstellte. Die nähere

Entwickelung der älteren, nun verlassenen Ansicht, werde ich bei der Salzsäure anführen.

8. Kohlenstoff.

Der Kohlenstoff kommt in der Natur selten vollkommen rein vor, und kann von der Kunst nicht rein hervorgebracht werden. Im Mineralreiche findet er sich mit andern Körpern vereinigt in grofser Menge, und in den festen Körpern des Thier- und Gewächsreiches ist er einer der häufigsten Bestandtheile. In seinem höchsten Grade der Reinheit bildet er einen Edelstein, den Diamant.

Die Diamanten finden sich in mehreren Gegenden der beiden Indien, besonders in Golkonda, Visapur, so wie in Brasilien. Sie sind meist mit einer undurchsichtigen Rinde umgeben und krystallisirt, theils in regelmäfsigen Octaëdern, theils in kleinen Krystallen, welche von 48 dreiseitigen gekrümmten Flächen gebildet werden. Wird die natürliche Rinde durch Kunst weggenommen, so erscheinen die Krystalle klar und völlig durchsichtig. Sie sind am gewöhnlichsten farbenlos, bisweilen aber auch gelblich, citronengelb, hellbraun und manchmal rosenroth, grün oder blau, (auch dunkelbraun und schwarz). Sie sind die härtesten aller bekannten Körper, der härteste Stahl ritzt ihre Oberfläche nicht *). Ihr specifisches Gewicht beträgt 3,50 — 3,53. Sie brechen die Lichtstrahlen stärker als andere durchscheinende feste Körper, und da dieses stärkere Brechungsvermögen eigentlich den brennbaren Körpern angehört, so vermuthete schon Newton,

*) Man hat geglaubt, dafs die äufsere Rinde des Diamants härter als sein Inneres sei, weil ungeschliffene Diamanten zum Glasschneiden gebraucht werden, geschliffene aber nicht dazu taugen, indem sie blofs das Glas ritzen, ohne es zu zerknicken; allein Wollaston hat neuerlich bewiesen, dafs diefs daher rühre, dafs die Ecken der rohen Diamanten durch krumme Flächen gebildet werden. Ein Rubin, der so geschliffen wird, dafs seine Flächen von gekrümmten Linien eingeschlossen sind, schneidet ebenfalls Glas, behält aber seine Schärfe nicht lange.

dafs der Diamant ein brennbarer Stoff sei. Auf Veranlassung des Grofsherzogs Cosmus III. untersuchte die Akademie zu Florenz im Jahre 1694 das Verhalten des Diamants im Brennpunkte eines grofsen Brennspiegels und fand, dafs er sich nach und nach verzehre. Durch spätere, theils in verschlossenen Gefäfsen, theils in offenem Feuer angestellte Versuche fand man, dafs der Diamant wirklich durch Brennen zerstört wird, und Macquer entdeckte 1771, dafs er dabei selbst mit einer kleinen Flamme brenne. Lavoisier bewies endlich, dafs beim Verbrennen des Diamants im Sauerstoffgase dieses in Kohlensäure verwandelt werde.

Der Diamant ist, wie aller Kohlenstoff, völlig feuerbeständig und erleidet durch die höchsten, uns bekannten Hitzgrade keine Veränderung, sobald er in verschlossenen Gefäfsen, und gut in Kohlenpulver eingefüttert, oder in solchen Gasarten erhitzt wird, welche keinen Sauerstoff enthalten. — In der atmosphärischen Luft und im Sauerstoffgase verbrennt er, verlangt aber dazu eine weit höhere Temperatur, als die gewöhnliche Holzkohle, und entwickelt dabei nicht so viel Wärme, als zur Unterhaltung seines Verbrennens erforderlich ist. Daher verlöscht er in der Luft in wenigen Augenblicken, wenn man ihn aus dem Feuer oder aus dem Focus des Brennspiegels herausnimmt; im Sauerstoffgas hingegen fährt er fort zu brennen, selbst wenn er sich nicht mehr im Brennpunkte befindet, und verbrennt, wenn das Sauerstoffgas hinreichend ist, ohne allen Rückstand; wobei man zugleich auf seiner Oberfläche ein geringes Aufwallen bemerkt. Das Product der Verbrennung ist Kohlensäure, und das Volumen der Luft oder des Sauerstoffgases wird nicht im mindesten verändert, wenn die Verbrennung über Quecksilber geschieht.

Aufser dem Diamant sind die merkwürdigsten und reinsten Kohlenarten:

1) Reifsblei, Graphit (Blyerz der Schweden), die bleigraue Masse, aus welcher unsere gewöhnlichen Bleistifte gemacht werden. Er ist ein eigenes Mineral, wel-

ches in den Gebirgen der Urformation, und zwar vorzüglich im Granit, Glimmer- und Thonschiefer in einzelnen Lagern vorkommt, und in mehreren Ländern gefunden wird. Am reinsten hat man ihn bis jetzt in England, bei Borrowdale in Cumberland, gewonnen. Er ist indessen nicht als chemisch reine Kohle zu betrachten, sondern besteht aus einer Verbindung von Eisen mit Kohle, welche auf 95 Theile der letztern 5 Theile Eisen enthält. Diese Art Kohle brennt fast eben so schwierig, wie der Diamant, und kann daher nicht als Brennmaterial benutzt werden; wird sie aber mit Hülfe anderer Kohle verbrannt, so hinterläfst sie 7 bis 8 Procent Asche, die aus Eisenoxyd besteht, das mit Erdarten verunreiniget ist.

2) Kohlenblende (Glanzkohle), Anthrazit, eine andere Art fossiler Kohle, welche der Steinkohle ähnelt, sich aber dadurch von ihr unterscheidet, dafs sie bei gehöriger Erhitzung ohne Flamme, Geruch und Rauch verbrennt.

3) Coaks; so nennt man in England die kohlige Masse, welche zurückbleibt, wenn man aus gewöhnlicher Steinkohle alle darin enthaltenen flüchtigen Theile durch Hitze austreibt. Sie ist eine schwammige, eisenschwarze, fast metallisch glänzende Masse, die in kleinen Stücken gar nicht brennt, hingegen, in gröfseren Massen entzündet, mit dem höchsten Hitzgrade verbrennt, den man im Grofsen hervorbringen kann.

4) Holzkohle; sie wird aus Pflanzen, besonders aus Holz erhalten, indem man durch verschiedenartige Behandlungen, die man Verkohlen nennt, alle flüchtige Stoffe durch Hitze aus ihnen heraustreibt, wobei die Kohle, welche den häufigsten Bestandtheil des Holzes ausmacht, in Gestalt des Holzes zurückbleibt, und von einer unzählbaren Menge Poren durchzogen ist, die von den verflüchtigten Stoffen herrühren. Die Kohle von hartem Holze ist schwer und fest, von weicheren Holzarten aber leicht und locker, und die wärmegebende Kraft der Kohle beim Verbrennen verhält sich wie ihre Dichtigkeit.

5) Thierische Kohle; sie ist der vorigen ähnlich,

behält aber selten die Gestalt des verbrannten Körpers. Dieser schmilzt gewöhnlich beim Verkohlen, und die entweichenden Stoffe verursachen eine Art von Kochen, welches die Kohle voller grofsen Blasen macht. Sie ist übrigens oft metallisch glänzend, wie die Coaks, und im Allgemeinen wird die Kohle von Körpern, welche erweichen oder schmelzen, ehe sie sich verkohlen, bleigrau und glänzend, wie Graphit, welches auch einige Chemiker veranlafste, dieſs Kohlenmetall zu nennen.

Die grofse Unähnlichkeit dieser Kohlenarten mit dem Diamant hat mancherlei Untersuchungen über den Grund derselben veranlafst. Biot und Arrago schlossen aus ihren Versuchen über die strahlenbrechende Kraft des Diamants, dafs er ungefähr $\frac{1}{2}$ seines Gewichts Wasserstoff enthalten könnte. Allein Guyton und besonders Davy haben bewiesen, dafs es sich nicht so verhalte, und letzterer, welcher neuerdings eine sehr interessante Reihe von Untersuchungen darüber angestellt hat, glaubt den Unterschied zwischen dem Diamant und unserer gewöhnlichen schwarzen Kohle bloſs in der Aggregationsform und in dem krystallisirten Zustande des erstern suchen zu müssen.

Nun ist es wohl möglich, dafs sich dieſs wirklich so verhalte. Allein wenn wir die übrigen Kohlenarten mit dem Diamant vergleichen, so finden wir, dafs jene immer einen fremden Stoff enthalten, und bei der Verbrennung ein Product geben, das keine Kohlensäure ist; — was hingegen beim Diamant nicht der Fall ist. Der Graphit z. B. giebt Eisenoxyd, und es ist jetzt keinem Zweifel mehr unterworfen, dafs sich das Eisen darin mit der Kohle in einer chemischen Verbindung befindet und daher an dem eigenthümlichen Charakter des Graphits Theil nimmt. Die Kohlen von Pflanzen- und Thierstoffen hinterlassen eine Asche, die aus Alkalien, Erdarten und einigen Metalloxyden besteht, und der gröfsere Theil dieser Asche befindet sich nicht als Alkali, Erde oder Metalloxyd in der Kohle, weil er vor ihrer Verbrennung nicht durch Säuren aus ihr herausgezogen werden kann, und weil eine mit Säuren behandelte Kohle noch dieselbe Asche

giebt, wenn man sie nach dem Auswaschen der Säure verbrennt. Die Bestandtheile dieser Asche waren daher mit der Kohle chemisch vereiniget, und, allem Vermuthen nach, im brennbaren Zustande mit Kohlenstoff übersättiget, wie das Eisen im Graphit.

Es giebt indessen noch eine Art Kohle, die ohne allen Rückstand verbrennt; man erhält dieselbe, wenn man Lampen- oder Kienruſs in verschlossenen Gefäſsen einer heftigen Hitze aussetzt; oder wenn man Dämpfe von flüchtigen Oelen durch glühende Glasröhren leitet, wo sich in diesen Kohle absetzt. Diese Kohle giebt zwar keine Asche, allein Davy hat dennoch gefunden, daſs sie beim Verbrennen im Sauerstoffgas nicht so viel Kohlensäure giebt, daſs das Volumen des verzehrten Sauerstoffgases dadurch ersetzt würde, wie dieſs beim Verbrennen des Diamants der Fall ist. Da man nun aber weiſs, daſs das Sauerstoffgas, wenn es in kohlensaures Gas verwandelt wird, sein Volumen nicht verändert: so ist leicht einzusehen, daſs diese Kohle noch irgend einen brennbaren Stoff enthalten haben müsse, durch welchen Sauerstoffgas absorbirt und condensirt worden ist. Wenn das Gas, in welchem die Kohle verbrannte, abgekühlt wird, so setzt sich an der inneren Seite des Glases, worin die Verbrennung geschah, Wasser an, und dieſs beweist, daſs die Kohle Wasserstoff enthielt. Da dieser Wasserstoff selbst bei sehr hoher Temperatur nicht aus der Kohle entfernt werden konnte; so liegt es am Tage, daſs er mit chemischer Kraft von ihr zurückgehalten wurde. Auch darf man nicht glauben, daſs die, im Vergleich gegen die Kohle, geringe Menge des Wasserstoffs ein Beweis gegen die chemische Verbindung desselben mit der Kohle sei; denn da im Graphit 1 Gewichtstheil Eisen mit 19 gleichen Theilen Kohle vereiniget ist, und da man durch genaue Versuche weiſs, daſs die Menge Wasserstoff, welche mit dem Eisen gleiche Sättigungs-Capacität hat, nur $\frac{1}{352}$ soviel, als das Eisen wiegt: so folgt daraus, daſs der verbrannte Kienruſs, um seinen Wasserstoff in demselben Grade mit Kohlenstoff zu sättigen, als im Graphit das Ei-

sen damit gesättiget ist, nicht mehr als $\frac{1}{1000}$ seines Gewichts Wasserstoff enthalten könne.

Es ist daher nicht unwahrscheinlich, dafs diese Kohlenarten mit Kohlenstoff übersättigte und dem Graphit analoge Körper sind, in welchen die Stelle, welche das Eisen im Graphit einnimmt, theils durch die metallischen Radikale der Alkalien oder Erden, theils durch den Wasserstoff ersetzt wird. Sie enthalten überdiefs auch nicht selten mit Kohle übersättigtes Eisen. Wir nennen dergleichen Verbindungen nach der lateinischen Nomenclatur: Supercarbureta. Die Kohlen von thierischen Körpern enthalten aufser den genannten auch noch Supercarbureta von Phosphor und Schwefel. Man erhält auch eine schwarze Kohle, wenn man Kohlensäure durch Kalium oder Phosphor zerlegt; ist nun das Vorhergehende richtig, so mufs diese Kohle im ersten Falle ein Supercarburetum des Kaliums, im letzten aber ein Supercarburetum des Phosphors sein.

Sowohl Holzkohle, als jede andere Kohlenart, ist vollkommen feuerbeständig und unschmelzbar. Weder der Focus des Brennspiegels, noch die Entladung der elektrischen Säule, oder das Knallgasgebläse vermag dieselbe zu schmelzen. Silliman hat zwar angegeben, dafs es durch Entladung von Hare's Deflagrator zwischen Spitzen von Kohle geglückt sei, kleine Kugeln von der Kohle zu schmelzen, welche Graphit glichen, aber aus seinen später fortgesetzten Versuchen scheint hervorzugehen, als seien diese Kugeln nichts anders als Glas oder Schlacke von der Asche, welche bei Verbrennung der Kohle zurückbleibt und bei dieser hohen Temperatur geschmolzen war, denn er erhielt diese Kugeln oft von grüner und bläulicher Farbe und selbst ganz farblos. Bei einer sehr hohen Temperatur werden die Eigenschaften der Holzkohle verändert, und sie fangen an immer mehr und mehr in die der metallglänzenden Kohle von geschmolzenen organischen Körpern überzugehen. In ihrem gewöhnlichen Zustande ist die Holzkohle einer der schlechtesten Wärmeleiter, aber nach starker Erhitzung vermindert sich diese Eigenschaft.

Solche Kohlen z. B., welche in den Hohöfen herunter in die Form fallen, und welche also der ganzen zur Reduction und Schmelzung des Eisens angewandten Hitze ausgesetzt waren, verlöschen sogleich. Nach dem Erkalten sind sie schwer, dichte, und so wärmeleitend, dafs sie nicht mehrere Zoll weit von der Stelle berührt werden können, an der sie glühen. Deshalb sind sie auch so schwer zu entzünden, denn sie fangen an einem Punkte nicht eher zu brennen an, als bis die ganze Kohle fast dieselbe Temperatur hat, wobei die Anzündung vor sich geht. Die Holzkohle erlangt also durch die höhere Temperatur ein gröfseres specifisches Gewicht, wird mehr wärmeleitend und weniger leicht entzündbar. Dagegen leitet die Kohle in jedem Zustande die Elektricität einigermafsen gut. Der Diamant hingegen ist nicht nur Nichtleiter, sondern er kann selbst, gleich dem Schwefel, durch Reiben elektrisch werden.

Die Kohle zeichnet sich durch zwei ungewöhnliche Erscheinungen aus, nämlich durch das Vermögen, aus Flüssigkeiten verschiedene aufgelöste Körper auszufällen und mit sich zu verbinden, und durch das Vermögen, in ihren Poren sehr bedeutende Mengen der sie berührenden Gase einzusaugen und zusammenzudrücken; von diesen ist erstere eine chemische und letztere, allem Anscheine nach, eine mechanische Erscheinung.

1) Eigenschaft der Kohle, aus Flüssigkeiten aufgelöste Materien abzuscheiden. Diese Eigenschaft der Kohle wurde zuerst von Lowitz in Petersburg wahrgenommen, und wurde später immer mehr zu technischem Behufe angewandt. Die hauptsächlichste Untersuchung über diesen Gegenstand wurde kürzlich von Bussy, und zum Theil auch von Payen und Desfosses in Paris, angestellt. Die Kohle erlangt diese Eigenschaft durch Ausbrennen in verschlossenen Gefäfsen, sie ist aber nicht aller Kohle eigenthümlich; denn z. B. der metallglänzenden Kohle, welche von Materien erhalten wird, die vor der Verkohlung schmelzen, fehlt dieses Vermögen ganz, wie fein sie auch zu Pulver gerieben

sein mag. Obgleich Kohle von Holz dieses Vermögen kräftig zeigt, so wird es doch sehr bedeutend dadurch erhöht, wenn die Kohle mit einem chemischen Reagens zusammengebrannt wird, durch dessen Einwirkung sie eine feinere Vertheilung erleiden kann. Die Kohle, welche von animalischen Materien, z. B. von getrocknetem Blute, von Haaren, Horn, Klauen u. a., erhalten wird, ist, wenn man sie mit kohlensaurem Kali brennt und dann mit Wasser auslaugt, die wirksamste von allen. Die Kohle wird hierbei dadurch zertheilt, dafs der in den thierischen Materien enthaltene Stickstoff sich mit einem Theile der Kohle verbindet, und in dieser Verbindung vom Kali gebunden wird, welches man in diesem Zustande Blutlauge, so wie die übrig bleibende Kohle Blutlaugenkohle zu nennen pflegt. Diese befindet sich nun in dem am feinsten vertheilten Zustande. Weniger wirksam als diese, aber wirksamer als Holzkohle, ist diejenige Kohle, welche durch so lange fortgesetztes Brennen von Knochen in Destillationsgefäfsen erhalten wird, bis alle flüchtige Theile ausgejagt sind. Diese nennt man Beinschwarz, und die Kohle ist darin zwischen einer bedeutenden Menge phosphorsauren Kalks zertheilt. Dieser kann durch Salzsäure ausgezogen werden, wobei die Kohle zwar etwas, jedoch nicht ihre ganze Wirksamkeit verliert. Vegetabilische Materien geben eine wirksamere Kohle, wenn sie vor der Verkohlung fein zertheilt und mit Pulver von Bimstein, Kreide, Feuerstein, gebrannten Knochen u. dgl. wohl vermengt werden. Verschiedene Arten von Lignit oder Braunkohle (fossiles verkohltes Holz), in verschlossenen Gefäfsen wohl verkohlt, geben eine wirksamere Kohle als Holzkohle, und man hat gefunden, dafs 100 Th. mit Wasser zu einem Breie angerührten Thons, in welchen man 20 Th. Theer und 50 Th. fein gepulverte Steinkohle einarbeitet, und welche Masse man hierauf trocknet und in einem verschlossenen Gefäfse verkohlt, eine Kohle giebt, die beinahe eben so wirksam ist als Beinschwarz.

Man hat noch nicht mit gehöriger Sorgfalt untersucht, welche Materien aus ihrer Auflösung in Wasser von der

Kohle abgeschieden, und welche gar nicht davon gefällt werden. Nach den Erfahrungen, welche man bis jetzt hat, scheint die Kohle nur auf Verbindungen organischen Ursprungs zu wirken, und vorzüglich auf Farb- und Riechstoffe, wie Fernambuck, Cochenille, Lackmus, Indig (in Schwefelsäure gelöst), die rothe Farbe des Weines, die braune Farbe, welche die Auflösungen von Salpeter, Zukker und Bernsteinsäure färbt, stinkende Effluvien gefaulter Körper, brenzliche Oele, Fuselöl (im Fruchtbranntwein), verschiedene flüchtige Pflanzenöle. Um diese Körper aus ihrer Auflösung abzuscheiden, vermischt man diese mit der Kohle und läßt sie eine Weile zusammen stehen. Sehr oft geschieht die Wirkung im ersten Augenblicke. Man seihet dann die Kohle ab, welche nun in chemischer Verbindung den Farb- oder Riechstoff bei sich behält, und der von andern Körpern, welche dazu eine größere Verwandtschaft als die Kohle haben, wieder ausgezogen werden kann. Wird eine Auflösung von Indig in Schwefelsäure mit Kalk neutralisirt und filtrirt, und die blaue Flüssigkeit dann mit Kohle vermengt, so verliert sie ihre Farbe. Wird die klare, farblose Flüssigkeit abgehellt und eine Auflösung von Alkali auf die Kohle gegossen, so wird die Farbe wieder ausgezogen und die Flüssigkeit wird blau. Wird das Alkali genau mit einer Säure gesättigt, so wird die Farbe wieder von der Kohle aufgenommen und die Flüssigkeit wird farblos.

Die Kohle, welche schon einmal benutzt wurde, verliert dadurch ihre Wirksamkeit und erlangt sie durch Brennen nicht wieder, weil die darin aufgenommene Materie beim Verkohlen in metallglänzende Kohle verwandelt wird; aber durch vorhergehende Mengung mit fremden unorganischen Materien, vorzüglich mit Pottasche, und durch nachheriges Auslaugen der Pottasche, bekommt sie dieselbe wieder. Diese Eigenschaft der Kohle benutzt man bei vielen Gelegenheiten, vorzüglich aber bei zwei technischen Operationen im Großen, nämlich zur Entfärbung der Zuckerauflösungen bei der Zuckerraffination, und zur Wegschaffung des Fuselöls bei der Branntweinbrennerei.

Bussy

Bussy hat folgende Tabelle über die Wirksamkeit verschiedener Kohlenarten gemacht, auf welcher sie mit dem Beinschwarz verglichen sind, als der schwächsten unter denselben, wiewohl sie jedoch mehrere Male wirksamer ist, als die beste Kohle von Holz.

Kohlenart; eine Menge von 1 Gramm = 18½ Gran.	Entfärbt eine Auflösung von Indig, die $\frac{1}{1000}$ ihres Gewichts J. enthält, in Liter*).	Entfärbt einen Syrup von 1 Th. rohem Zucker und 20 Th. Wasser, in Liter.	Relative Entfärbung von Indig.	Relative Entfärbung von Syrup.
Blut, mit kohlensaurem Kali gebrannt	1,6	0,18	50.	20.
Blut, mit Kreide gebrannt	0,57	0,10	18.	11.
Blut, mit phosphorsaurem Kalk gebrannt	0,38	0,09	12.	10.
Leim, mit kohlensaurem Kali gebrannt	1,15	0,14	36.	15,5
Eiweifs, mit demselben gebrannt . . .	1,08	0,14	34.	15,5
Kleber, mit demselben gebrannt	0,34	0,08	10,6	8,8
Kohle von essigsaurem Kali	0,18	0,04	5,6	4,4
Kohle aus kohlens. Natron mit Phosph. red.	0,38	0,08	12.	8,8
Ungebrannter Kienrufs	0,128	0,03	4.	3,3
Kienrufs, mit kohlens. Kali gebrannt	0,55	0,09	15,2	10,6
Knochenkohle, nach Ausziehung der Knochenerde mit Säure und Brennen mit Pottasche	1,45	0,18	45.	20.
Knochenkohle, mit Säure behandelt .	0,06	0,015	1,87	1,6
Oel, mit phosphors. Kalk gebrannt . .	0,064	0,017	2.	1,9
Knochenasche (Beinschwarz aus einer Salmiakfabrik)	0,032	0,009	1.	1.

Diese Tabelle zeigt dabei, dafs die relative Wirksamkeit der Kohle für alle Materien nicht gleich grofs ist. — Man bedient sich dieser Eigenschaft, um ein verdorbenes und schlechtes Wasser wieder trinkbar zu machen. Zu diesem Behufe hat man in Paris eine Art von Filtrir-

*) Diese Versuche sind so angestellt worden, dafs ein Gramm der Kohle in einen kleinen Glaskolben gebracht und von der lauen Probeflüssigkeit nach und nach kleine Mengen zugegossen und damit umgeschüttelt wurden, womit so lange fortgefahren wurde, bis die Farbe nicht mehr verschwinden wollte.

Maschine erfunden, die ihrem Zwecke recht gut entspricht, die aber das Zutrauen, welches sie verdient, beinahe gänzlich verloren hatte, weil ihre Erfinder, Smith und Cuchet glaubten, die reinigende Wirkung der Kohle höre niemals auf, und weil sie dieselbe daher für unveränderlich ausgaben. Die Einrichtung dieser Filtrir-Maschine ist folgende: Das Wasser wird zuerst durch einen Schwamm durchgeseihet, um es von Sand und anderen beigemengten Unreinigkeiten mechanisch zu befreien, und kommt dann in einen Raum, wo es chemisch gereiniget werden soll. Dieser Raum wird von mehreren über und in einander gesteckten cylindrischen Steinkrügen, wie Fig. 13. Tafel II., gebildet. aa ist ein kleiner Krug, der mit seinem Boden mitten in dem gröfseren bb befestiget ist und bei d ein Loch hat, welches durch den Boden beider durchgeht. Ueber diesen kleineren Krug wird ein etwas gröfserer, cc, gestürzt, mit dem Boden nach oben, und so, dafs er mit seinem nach unten gekehrten Rande auf kleinen Erhöhungen aufruht, welche das Wasser ungehindert durchfliefsen lassen. Die Zwischenräume zwischen diesen Krügen werden mit grob zerstofsener, wohl ausgebrannter Holzkohle und mit zerstofsenem Feldspath oder Marmor angefüllt, die schichtenweise über einander liegen. Diese Vorrichtung nöthiget das Wasser, ehe es bei d herauslaufen kann, einen $2\frac{1}{2}$ mal weiteren Weg zu machen, als die Höhe des äufseren Krugs beträgt. Die Gestalt dieser Maschinen kann übrigens sehr mannigfaltig sein. Da sie leicht aus einander genommen werden können, ist es am besten, die Filtrirmasse auszuwechseln, wenn sie nach einiger Zeit durch Gebrauch ihre reinigende Kraft verloren hat. Dergleichen Apparate sind auf der See sehr brauchbar, wenn das Trinkwasser zu faulen anfängt. Es wird nach einer einzigen Durchseihung gut und trinkbar, fault aber nach einiger Zeit gewöhnlich wieder, was man indessen durch Aufkochen verhindern kann.

Wenn man Wasser mit Kohlenpulver gemengt aufbewahrt, so fault es nicht, oder wenigstens höchst selten,

und man gebraucht daher jetzt auf der See zur Aufbewahrung des Wassers mit dem gröfsten Nutzen Holzfässer, welche vor dem Binden inwendig gut verkohlt worden sind. Diese glückliche Entdeckung wurde von Berthollet gemacht. In diesem Falle scheint die Kohle vielmehr dem Anfange der Verfaulung vorzubeugen, oder sie abzuhalten, als das bereits verfaulte allmählich wieder herzustellen.

Vermöge der Eigenschaft der Kohle, verschiedene durch Fäulnifs gebildete Stoffe in sich aufzunehmen, kann man auch der Fäulnifs organischer Körper, wenn man sie mit Kohle umgiebt, vorbeugen. Man hat z. B. Fleisch zwischen dicke Schichten von Kohlenpulver in luftdichten Gefäfsen eingepackt, und dann mehrere Monate lang bei $+10°$ Wärme stehen lassen. Wenn man das Fleisch wieder herausnahm, fand man es vollkommen frisch, und erst nachdem es mehrere Tage der Luft ausgesetzt gewesen war, fing es an in Fäulnifs überzugehen. Man benutzt auch in der Haushaltung diese Eigenschaft der Kohle oft bei Aufbewahrung thierischer Körper.

2) Die Eigenschaft der Holzkohle, und der porösen Körper im Allgemeinen, in ihren Poren die Gase bis auf einen gewissen Grad zu condensiren.

Wenn man glühende Kohle in einem luftdicht verschlossenen Gefäfse erkalten läfst, oder, während sie noch glühend ist, in Quecksilber eintaucht, so erhält sie dadurch die Eigenschaft, die Gasart, in welche sie nachher gebracht wird, einzusaugen und gewöhnlich ihr mehrfaches Volumen davon in sich aufzunehmen. Dieses Verhalten wurde zuerst von Fontana bemerkt, dann durch Versuche von Rouppe, Morozzo und Norden bestätiget, die Ursache davon aber erst neuerlich durch Saussure untersucht.

Er stellte seine Versuche mit Kohle vom Buchsbaumholze an, die er nach starkem Glühen unter Quecksilber ablöschte. Sie absorbirte, bei $+12°$ und 26,895 Barometerstand, von nachfolgenden Gasen so vielmal ihr eigenes

Volumen, als die beigesetzten Zahlen anzeigen; nämlich Ammoniakgas 90; salzsaures Gas 85; schweflichtsaures Gas 65; Schwefel-Wasserstoffgas 55; gasförmiges Stickstoff-Oxydul 40; kohlensaures Gas 35; Kohlen-Wasserstoffgas im Maximum 35; Kohlen-Oxydgas 9,42; Sauerstoffgas 9,25; Stickstoffgas 7,5; Wasserstoffgas 1,75. Von dem Stickstoff-Oxydgas nahm sie ein 38faches Volumen auf, zerlegte es aber zum Theil. Nach 24 bis 36 Stunden hört alle Absorption auf, ausgenommen beim Sauerstoffgas, welches unaufhörlich, jedoch im abnehmenden Verhältnisse, eingesogen wird und dabei kohlensaures Gas bildet, welches die Kohle an sich behält. Dessen ungeachtet geht die Absorption des Sauerstoffgases in einem ganzen Jahre nicht weiter, als bis ungefähr zum 14fachen Volumen der Kohle.

Ist die Kohle von Feuchtigkeit durchzogen, so vermindert sich ihr Vermögen, Gase einzusaugen, um ein Bedeutendes, so dafs sie nunmehr nicht halb so viel mehr aufnehmen kann, und gieſst man Wasser auf eine mit Gas gesättigte Kohle, so läſst sie einen Theil davon wieder fahren. Vom kohlensauren Gase läſst die Kohle 17 Volumina fahren, und behält nur 18 zurück; vom Sauerstoffgas giebt sie $3\frac{1}{4}$, vom Stickstoffgas $6\frac{1}{2}$, vom Wasserstoffgas $1\frac{1}{10}$ Volumina wieder von sich; das Uebrige bleibt in der feuchten Kohle zurück. Während dafs die Gasarten von der Kohle eingesogen werden, entsteht durch ihre Verdichtung Wärme, so dafs das Thermometer um mehrere Grade steigt, und dieſs geschieht um so merklicher, je schneller und stärker die Einsaugung vor sich geht. Wird diese Kohle unter die Luftpumpe gebracht, so giebt sie das Gas wieder von sich, es entsteht Kälte, und man kann unter der Luftpumpe eine gewöhnliche Kohle so luftfrei machen, dafs sie, in ein Gas gebracht, fast eben so viel davon einsaugt, als ob sie geglüht worden wäre.

Die eingesogenen Gasarten können durch Hitze aus der Kohle wieder ausgetrieben werden, und man findet sie durch ihren Aufenthalt in der Kohlenmasse nicht im mindesten verändert. In einer dünneren Atmosphäre saugt

die Kohle dem Gewicht nach eine geringere, dem Volumen nach aber eine gröfsere Menge Luft ein, wenn man das Volumen der Kohle mit dem Volumen der Luft in ihrem verdünnten Zustande vergleicht. So verschluckte z. B. Buchsbaumkohle bei 27 Zoll Barometerhöhe 34 $\frac{1}{2}$ Mal ihr Volumen kohlensaures Gas, bei 9 $\frac{3}{4}$ Zoll Barometerhöhe hingegen 69 Mal. Diese Eigenschaft beruht daher nicht auf chemischer Verwandtschaft, sondern ist eine mechanische Erscheinung. Durch welche Kraft dieselbe aber hervorgebracht wird, ist noch nicht ausgemittelt.

Diese Eigenschaft, in den Poren Luftarten einzusaugen und zusammenzudrücken, ist aber der Kohle nicht allein eigenthümlich, sondern kommt allen porösen Körpern gemeinschaftlich zu. Jedoch erleidet sie mancherlei Veränderungen, nicht allein durch die Gröfse und Anzahl der Poren, sondern auch durch die chemische Beschaffenheit des porösen Körpers, so dafs ungleichartige Substanzen nicht nur überhaupt ungleiche Mengen Gas verdichten, sondern auch manche Körper gewisse Gasarten in gröfseren relativen Verhältnissen, als andere Körper, condensiren; z. B. poröses Holz verdichtet, im Verhältnifs seines allgemeinen Absorptions-Vermögens, mehr Wasserstoffgas als andere Körper. Die Gröfse der Poren hat vielen Einfluſs auf die Quantität der Absorption; zu grofse oder zu kleine Poren verhindern dieselbe gänzlich: z. B. Kohle von Kork hat so grofse Poren, dafs sie gar nichts absorbirt; fichtene Kohle hat gröfsere Poren, als Buchsbaumkohle, und verdichtet daher kaum mehr, als halb so viel Gas, wie diese. Das Pulvern zerstört eine Menge Poren und vermindert die Absorption.

Der Graphit ist so dicht, dafs er nichts condensirt, Saussure hat gefunden, dafs verschiedene poröse Fossilien, z. B. Meerschaum, Klebschiefer von Menil-Montant, Asbest u. d. m., ferner verschiedene Holzarten, Wollen- und Seidenzeuche, aus welchen man die Luft unter der Luftpumpe ausgepumpt hat, Gasarten bis zu ihrem mehrfachen Volumen condensiren, jedoch in geringeren Ver-

hältnissen, als Buchsbaumkohle, auch von einem Gase relativ mehr, als von dem anderen.

Wenn poröse Körper mit gemengten Gasarten in Berührung gebracht werden, so werden die letztern nach dem zusammengesetzten Verhältnisse ihrer Anziehung zu dem porösen Körper von diesem eingesogen. Am besten wird dieſs bemerklich, wenn man eine Kohle, die schon mit einem Gase gesättigt ist, in ein anderes Gas bringt, wodurch dieses sich in die Kohle eindrängt, und einen Theil von dem vorher darin aufgenommenen Gase heraustreibt. Das Volumen der Gasart, welches durch eine andere aus der Kohle ausgetrieben wird, ist verschieden, und hängt von dem Verhältnisse ab, in welchem die beiden Gasarten in dem nicht absorbirten Rückstande sich befinden. Je gröſser die Menge des austreibenden Gases ist, desto mehr treibt es auch von einem anderen Gase aus; doch kann ein Gas niemals das andere völlig austreiben. Manche Gasarten werden in Gesellschaft mit einander mehr verdichtet, als ein einzelnes von ihnen für sich; z. B. Sauerstoff- und Wasserstoffgas, kohlensaures Gas und Sauerstoffgas; es bildet sich aber dabei nicht einmal eine theilweise Verbindung zwischen zwei solchen Gasen, sondern das Sauerstoff- und Wasserstoffgas z. B. können, ohne eine Spur von gebildetem Wasser zurückzulassen, durch Wärme wieder verjagt werden. Hiervon machen jedoch das Schwefel-Wasserstoffgas und Sauerstoffgas eine Ausnahme, die, wenn sie zusammen von Kohle eingesogen werden, nach Thenard's Versuchen, Wasser bilden und Schwefel in der Kohle absetzen.

Man hat schon längst gewuſst, daſs poröse und gepulverte Körper das Vermögen besitzen, selbst in trockener Luft Feuchtigkeiten einzusaugen. Kohle nimmt sehr viel davon auf, und es ist bei chemischen Arbeiten oft recht schwierig, eine geglühte poröse Masse so zu wiegen, daſs sie nicht während des Wiegens selbst in der trockensten Luft am Gewichte zunimmt. Dieſs wird durch das Angeführte erklärt. Die Luft enthält gasförmiges Wasser, das der poröse Körper verdichtet, und weil dasselbe

leicht flüssig wird, so wird es in weit gröfserer Gewichtsmenge, als permanente Gasarten, condensirt. So hat auch die Erfahrung bewiesen, dafs das Gas von Alkohol und Aether in weit gröfserem Verhältnisse, als z. B. kohlensaures Gas, welches permanent ist, verdichtet wird.

Diese Umstände dienen auch zur Erklärung einer von unsern Köhlern schon längst bemerkten Erscheinung, dafs nämlich Kohle, welche an der Luft liegt, um 10 bis 20 Procent am Gewichte zunimmt. Dieser Zuwachs rührt sowohl von der atmosphärischen Luft her, welche die Kohle einsaugt und in ihren Poren zusammendrückt, als auch vom Wassergas, welches aus der Luft in grofser Menge absorbirt und verdichtet wird. Wenn man diese Kohle erhitzt, so giebt sie Luft und Wasser wieder von sich; jedoch werden beide bei schneller Erhitzung leicht zerlegt, so dafs die Gasarten, die man erhält, aus kohlensaurem Gase, Kohlen-Wasserstoffgase, Kohlen-Oxydgase und Stickstoffgase bestehen.

Der Kohlenstoff hat zum Sauerstoffe eine gröfsere Verwandtschaft, als die meisten andern brennbaren Körper; aber diese Verwandtschaft äufsert sich nicht bei gewöhnlicher Temperatur der Luft und bei unvermengtem Zustande des Kohlenstoffes, sondern erst bei der Glühhitze. Ist dagegen Kohle fein zertheilt und mit einem andern, weniger brennbaren, Körper vermengt, so ist sie, nach Wöhlers Versuchen, viel brennbarer, als in ungemengtem Zustande, und läfst sich bei, weit unter der Glühhitze liegenden Temperaturen entzünden. Dieſs scheint im Ganzen eine Entzündlichkeit von derselben Natur zu sein, wie diejenige, wenn gasförmige Körper in Berührung mit Platin kommen und sich dabei entweder bei gewöhnlicher Temperatur der Luft entzünden, oder bei einem niedrigeren Wärmegrad, als sonst zu ihrer Entzündung erforderlich ist *), und diese Eigenschaft haben vermuthlich alle brenn-

*) Wöhler vermischte bei einem Versuche sehr genau Korkfeile mit Platinsalmiak, und bei einem andern mit Grünspahn, und glühte das Gemenge in einem verschlossenen Gefäfse. Die er-

bare Körper, in welcher Aggregationsform sie auch sein mögen, gemein. Die grofse Affinität des Kohlenstoffs zum Sauerstoffe, so wie der Umstand, dafs seine Verbindungen damit gasförmig sind, eignet ihn vor allen andern Körpern dazu, den Sauerstoff den Metalloxyden zu entziehen und sie in ihren brennbaren oder metallischen Zustand wieder herzustellen.

Der Kohlenstoff hat drei Oxydationsstufen, ein Oxyd und zwei Säuren, und die relativen Mengen in denselben verhalten sich wie 1, $1\frac{1}{2}$ und 2. Das erste und das letzte dieser Verhältnisse entsteht durch Verbrennung der Kohle, ersteres bei unvollkommenem und letzteres bei überflüssigem Zutritte des Sauerstoffs. Wird ein gegebenes Volum Sauerstoffgas in Kohlenoxydgas verwandelt, so wird sein Volum verdoppelt; wird es dagegen in Kohlensäure verwandelt, so bleibt es unverändert. Wenn 2 Volum Kohlenoxydgas mit einem Volum Sauerstoffgas verbunden werden, so entsteht kohlensaures Gas; aber von diesen drei Volum verschwindet das eine, und das Volum des kohlensauren Gases wird gleich dem des Kohlenoxydgases. Aus diesen Verhältnissen vermuthen wir, dafs in dem Kohlenoxydgase ein Volum Sauerstoffgas mit einem Volum gasförmigen Kohlenstoffs verbunden sei, weil das Gas von jedem die Hälfte seines Volums enthält, und dafs in dem kohlensauren Gase 2 Volum Sauerstoffgas und ein Volum Kohlengas verbunden sind; wir haben auf diese Art eine Möglichkeit gefunden, das relative Gewicht vom Volume des Kohlenstoffs in Gasform kennen zu lernen, obgleich der Kohlenstoff für sich weder geschmolzen noch verflüchtigt werden kann. Die intermediäre Verbindung

---

kaltete Kohle entzündete sich zwar nicht bei gewöhnlicher Temperatur an der Luft, sie entzündete sich aber bei gelinder Erhitzung in einem offenen Gefäfse über der Spirituslampe und brannte dann von selbst fort. Bei dieser Temperatur entzündete sich gewöhnliche Korkkohle nicht und verlöschte, wenn sie an einem Punkte durch unmittelbare Berührung einer Flamme entzündet war. Eben so verhält sich die Kohle, welche nach dem Glühen von weinsaurem Ammoniak-Antimon in verschlossenem Gefäfse zurückbleibt.

von Kohlenstoff und Sauerstoff, wird Oxalsäure genannt, kommt nur in der organischen Natur vor, und kann aus organischen Materien hervorgebracht, aber nicht aus ihren Bestandtheilen zusammengesetzt werden. 2 Volum Kohlenstoff sind darin mit 3 Volum Sauerstoff verbunden.

Kohlen-Wasserstoff.

Kohlenstoff und Wasserstoff können sich in zwei verschiedenen Verhältnissen vereinigen, und die daraus entstehenden Verbindungen sind gasförmig.

1) Kohlen-Wasserstoffgas mit der geringern Menge Kohle (gewöhnliches Kohlen-Wasserstoffgas). Beim Destilliren mancher organischen Körper kommen, aufser Wasser und brenzlichem Oele, eine Menge stinkende Gasarten zum Vorschein, welche theils aus Kohlensäure, theils aus Kohlen-Wasserstoffgas, und theils aus Kohlen-Oxydgas bestehen. Von dem kohlensauren Gase kann das Kohlen-Wasserstoffgas durch Umschütteln mit Kalkwasser leicht befreit, vom Kohlen-Oxydgas aber nur mit grofser Schwierigkeit gereiniget werden.

Wenn man Kampher, Alkohol oder Aether in einer kleinen Glasretorte erhitzt, und die Dämpfe durch eine glühende Röhre von Glas, Porzellan oder Kupfer leitet; so erhält man ebenfalls ein Gemenge von diesen Gasarten, nämlich Kohlensäure, Kohlen-Oxydgas und Kohlen-Wasserstoffgas. — Man erhält diese Gasart auch, wenn man schwefelfreie und trockene Steinkohle für sich destillirt, und das Gas, ehe man es aufsammelt, durch ein glühendes Rohr leitet. Es enthält jedoch stets ein wenig Kohlen-Oxydgas, welches bei allen diesen Versuchen erzeugt wird. Die ungleiche Menge desselben macht, dafs das erhaltene Gasgemenge auch eine ungleiche Quantität Sauerstoffgas zum Verbrennen erfordert und daher auch eine ungleiche Menge Kohlensäure giebt *).

*) Dieser Umstand hat verschiedene Chemiker verleitet, solche Gasgemenge als Kohlen-Wasserstoff-Gasarten von ungleichem Kohlenstoffgehalte zu betrachten. Man hat z. B. geglaubt, dafs

Als die beste bis jetzt bekannte Art, dieses Gas zu erhalten, wird folgendes Verfahren angegeben. In stehenden Wassern, die sich auf lockeren, morastigen Boden befinden, und in welchen dieses Gas durch die Zerstörung organischer Körper gebildet wird, stürzt man eine mit Wasser gefüllte Flasche um, in deren Oeffnung ein weiter Trichter befestiget ist, und rührt dann mit einem Stocke den Boden auf, wodurch Luftblasen emporsteigen, die man mittelst des, gerade über der aufgerührten Stelle gehaltenen Trichters auffängt und in die Flasche steigen läfst. Diefs setzt man an mehreren Stellen fort, bis die Flasche gefüllt ist, und schüttelt dann das Gas mit Kalkwasser um, damit es von der Kohlensäure befreit werde. Gewöhnlich enthält es aufserdem auch noch etwas atmosphärische Luft.

Das Kohlen-Wasserstoffgas besitzt einen unangenehmen Geruch; ist schwerer als reines Wasserstoffgas, aber leichter als atmosphärische Luft. Sein eigenthümliches Gewicht verhält sich zu dem der letztern, wie 0,6009 : 1,000.

Sein Vermögen, das Licht zu brechen, verhält sich gegen das Brechungs-Vermögen der Luft = 2,0927 : 1,000. 100 Theile Kohlen-Wasserstoffgas (dem Volum nach) erfordern zu ihrer völligen Verbrennung 200 Theile Sauer-

---

das Gas, welches man erhält, wenn Wasserdämpfe durch glühende Kohlen geleitet werden (wenn z.B. ein Flintenlauf, Fig. 7. Taf. II., mit Kohlenpulver gefüllt wird), Kohlen-Wasserstoffgas sei; es enthält aber im Gegentheil nur wenig von diesem Gas, und besteht hauptsächlich aus reinem Wasserstoffgas, welches mit Kohlen-Oxydgas gemengt ist. 100. Theile desselben (dem Volumen nach) nehmen beim Verbrennen nur 10 Theile Sauerstoffgas mehr, als das reine Wasserstoffgas, also nur 60 Theile Sauerstoffgas auf, und geben doch 35 Theile kohlensaures Gas. Es besteht, nach Henry's Versuche, aus 5 Theilen Kohlen-Wasserstoffgas, 25 Theilen Kohlen-Oxydgas und 70 Theilen reinem Wasserstoffgas. Neuerdings sind diese unrichtigen Vorstellungen noch mehr berichtiget worden, seitdem man gefunden hat, dafs das Kohlen-Oxydgas vom Kalium zerlegt wird, dafs dabei Kali mit Kohle gemengt entsteht und das Gas condensirt wird. Auf diese Weise kann man dieses Gas stets vom Kohlen-Wasserstoffgase scheiden, weil letzteres von jenem brennbaren Metalle nicht angegriffen wird.

stoffgas, und geben dabei 100 Theile kohlensaures Gas und ein wenig Wasser. Es besteht sonach aus 75,15 Theilen Kohlenstoff und 24,33 Theilen Wasserstoff, oder aus einem Volum gasförmigen Kohlenstoffs und 4 Volum Wasserstoffgas, zur Hälfte vom Volum des letzteren oder $\frac{2}{3}$ vom ganzen Volum des Gases condensirt, so dafs von 5 einfachen Volum nur 3 von der Verbindung entstehen. Es brennt mit einer schwachen blauen Flamme, die nicht erleuchtet. Durch wiederholte elektrische Schläge wird es zerlegt, setzt dabei seinen Kohlenstoff ab, und zuletzt bleibt ein doppeltes Volum Wasserstoffgas zurück. Dieselbe Zerlegung erleidet dasselbe, wenn man es durch ein stark glühendes Rohr öfter hin- und herstreichen läfst. Im Wasser ist es schwer löslich; 14 Cubikzoll Wasser nehmen nur 1 Cubikzoll davon auf. Es verbindet sich weder mit Alkalien, noch mit Erdarten, schlägt die Metallsalze nicht nieder, und zeigt keine Eigenschaften einer Säure.

Dieses weniger Kohlenstoff enthaltende Kohlen-Wasserstoffgas kommt oft in Steinkohlenflötzen, und zwar in einem sehr zusammengedrückten Zustande, in den Klüften derselben eingeschlossen, vor. Wenn man beim Arbeiten in Steinkohlengruben solchen Klüften nahe kommt, so öffnen sie sich und das Gas fängt an heraus zu strömen, um sich mit der Atmosphäre in's Gleichgewicht zu setzen, was oft mehrere Wochen dauern kann. Das Gas hat an sich keinen gefährlichen Einfluſs auf die Gesundheit der Arbeiter; allein, wenn es sich bis auf einen gewissen Grad mit der atmosphärischen Luft gemischt hat, wird es durch die Lampen der Arbeiter entzündet, explodirt mit groſser Heftigkeit und tödtet die Arbeiter. Davy hat inzwischen ein Mittel entdeckt, solchen Unglücksfällen vorzubeugen, welches darin besteht, daſs man die Flamme der Lampe mit einem dichten Gewebe von Messingdrath umgiebt. Ist das Gas explodirend, so entsteht zwar innerhalb des Drathgeflechtes eine Verpuffung; allein, weil das Gas vom Metalle abgekühlt wird, kann sich die Entzündung dem Gase auſserhalb des Ge-

webes nicht mittheilen. Die nähere Beschreibung dieser merkwürdigen Entdeckung wird man im letzten Theile dieses Lehrbuchs unter dem Artikel Lampe finden.

2) Kohlen-Wasserstoffgas mit der gröfseren Menge Kohle (*Gaz oléfiant*, ölbildendes Gas). Man erhält diese Gasart, wenn man 1 Theil Alkohol und 4 Theile concentrirte Schwefelsäure in einer Retorte unter einander mengt, in deren Hals zum Auffangen des Gases ein krummes Rohr eingekittet ist. Das Gas entwickelt sich sogleich in kleinen Bläschen, die noch häufiger zum Vorschein kommen, wenn die Masse gelinde erwärmt wird, wodurch man das Gas in grofser Menge erhält. Es ist sehr oft mit schweflichtsaurem Gase verunreiniget, von welchem es durch Umschütteln mit Wasser oder Kalkwasser befreit werden kann. Die gegenseitige Einwirkung des Alkohols und der Schwefelsäure auf einander, durch welche die Entwickelung des Gases verursacht wird, werde ich weiter unten, bei Beschreibung der Aether-Arten, auseinandersetzen.

Das ölbildende Gas ist beinahe so schwer wie die atmosphärische Luft; die specifischen Gewichte beider verhalten sich, nach Saussure, wie 0,9852 : 1,000. Nach der Zusammensetzung berechnet, würde dieses Gas 0,9804 spec. Gew. haben. Sein Vermögen, das Licht zu brechen, verhält sich zu dem der Luft = 1,8186 : 1,0000. Seine specifische Wärme ist, mit der Luft verglichen, dem Volumen nach = 1,553, dem Gewichte nach = 1,5763; und mit gleichem Gewichte Wasser verglichen = 0,4207.

Läfst man es in die atmosphärische Luft ausströmen, und entzündet es, so brennt es mit einer helleren Flamme, als irgend ein Kerzen- oder Lampenlicht, und man sieht aus der Gleichheit seiner Flamme mit der eines brennenden Lichts, dafs es vornehmlich die Bildung dieses Gases im Dochte des brennenden Lichts ist, welche die leuchtende Flamme desselben verursacht, wie weiter unten, bei Erklärung des Verbrennens in atmosphärischer Luft, näher gezeigt werden wird.

Vermischt man dieses Gas mit seinem dreifachen Volum Sauerstoffgas und verbrennt es damit, so erhält man ein doppeltes Volum kohlensaures Gas und ein wenig Wasser. Allein diese Verdoppelung des Volums ist mit einer so gewaltsamen Explosion verbunden, dafs die stärksten Röhren, die man bisher dazu angewandt hat, stets mit Heftigkeit zersprengt worden sind. Will man daher die Producte der Verbrennung des Gases bestimmen, so mufs diefs auf eine andere Weise geschehen.

Dieses Gas besteht aus 14,16 Theilen Wasserstoff und 85,84 Theilen Kohlenstoff, und der Wasserstoff ist darin mit doppelt so viel Kohle, als im vorherigen Gase, verbunden, d. h. es besteht aus einem Volum gasförmigen Kohlenstoffs und 2 Volum Wasserstoffgas, von 3 Volum zu einem condensirt.

Sowohl dieses, als das erste Kohlen-Wasserstoffgas, wird durch schnell auf einander folgende elektrische Schläge zerlegt; der Wasserstoff wird frei, der Kohlenstoff aber niedergeschlagen, wobei sich das Volum des Gases verdoppelt. Wenn ein Strom dieses Gases in die Luft auf Platinschwamm bläst, so entzündet es sich, wenn das Platin 300° Temperatur hat, nach Thénards und Dulongs Versuchen. Es wird leichter, als das vorhergehende, im Wasser aufgelöst, 100 Cubikzoll Wasser nehmen 15,3 Cubikzoll Gas auf. Es kann lange unverändert aufbewahrt werden, und wird durch Säuren, Alkalien oder Phosphor nicht verändert.

Wird dieses Gas durch eine glühende Röhre geleitet, so erhält man Wasserstoffgas, und in der Röhre setzt sich schwarze Kohle ab. Läfst man es durch eine Röhre mit geschmolzenem Schwefel gehen, so wird der Schwefel im Wasserstoff aufgelöst, bildet Schwefel-Wasserstoffgas und die Kohle schlägt sich auf dem ungelösten Schwefel nieder, welcher davon schwarz wird. Wenn Dämpfe von Alkohol, Aether, und insbesondere von Kampher, durch glühende Röhren von Steingut oder durch Glasröhren geleitet werden, in welche Thon, Alaun oder Quarz ein-

gelegt worden ist; so erhält man, neben dem zuerst beschriebenen Kohlen-Wasserstoffgase, auch eine kleine Menge von diesem.

Dieses Gas hat den technischen Namen ölbildendes Gas wegen seines Verhaltens zu Chlor erhalten, womit es sich condensirt und eine ölartige, oder richtiger, ätherartige Flüssigkeit bildet, welche den Namen Chloräther erhalten hat. Man bereitet ihn gewöhnlich auf die Weise, dafs man die Gase in einen grofsen künstlich abgekühlten Glasballon leitet, und die Zuleitung der Gase so moderirt, dafs ungefähr ein gleiches Volum von jedem Gase zu gleicher Zeit in den Ballon kömmt. Der Chloräther ist farblos. Er hat einen süfslichen, aromatischen Geschmack und einen ätherartigen Geruch. Sein spec. Gewicht ist 1,22; er kocht bei $+66°,75$, und das spec. Gewicht seines Gases ist 3,4484; bei $+9°,3$ ist seine Tension (d. h. sein Bestreben, Gasform anzunehmen) $0,^{m}0626$ (d. h. sein Gas trägt eine Quecksilbersäule von 62,6 Millimeter Höhe). Es besteht aus gleichen Raumtheilen Chlorgas und Kohlen-Wasserstoffgas, welche, wenn der Chloräther gasförmig ist, nach der Verbindung denselben Raum einnehmen, wie vor der Vermengung. Bei der Destillation geht er anfangs unverändert über, bei Fortsetzung der Operation färbt er sich aber und wird verändert. An offner Luft kann er entzündet werden und brennt mit grüner, rufsender Flamme und starker Entwickelung von salzsaurem Gase. Die Alkalien zersetzen ihn nicht; wird er aber in Gasform mit Ammoniakgas vermengt, so bildet sich salzsaures Ammoniak, welches sich condensirt, und es wird ein brennbares Gas abgeschieden. Wird der Chloräther in Dampfgestalt durch eine glühende Röhre geleitet, so entsteht salzsaures Gas, Kohlen-Wasserstoffgas im Minimum, und in der Röhre setzt sich Kohle ab. Chloräther kann noch mehr Chlor aufnehmen, und wird dadurch gelb, schwerer, schwerfliefsender und sauer. Man erhält ihn so, wenn bei seiner Bereitung Chlor im Ueberschusse vorhanden ist. Man kann es durch Schütteln mit einer alkalischen Lauge wegnehmen.

Man bedient sich der Eigenschaft des Chlorgases, Kohlen-Wasserstoffgas im Minimum schnell zu condensiren, um dessen Gegenwart zu entdecken und dessen Menge in Gasgemengen zu bestimmen. Zu diesem Endzwecke sammelt man reines Chlorgas über Wasser in einer graduirten Glasröhre auf, über welche man eine Röhre von Pappe überschieben kann, um den Zutritt des Lichts zu verhindern. Hierauf läfst man ein dem Chlorgase gleiches Volum der zu prüfenden und zuvor in einer andern graduirten Glasröhre abgemessenen Gasart ein, und läfst das Gemenge zehn Minuten lang so stehen, worauf aller Chloräther gebildet ist. Bei Feuerlicht braucht man das Gemenge nicht mit der undurchsichtigen Röhre zu bedecken. Nachdem sich der Chloräther abgesetzt hat, setzt man das Gemenge dem Tageslichte aus, wodurch das Kohlen-Wasserstoffgas im Minimum condensirt und kohlensaures und salzsaures Gas gebildet wird. Diese Prüfung scheint leicht zu sein, sie hat aber bei der Ausführung Schwierigkeiten, die bewirken, dafs sie nie vollkommen genau werden kann. Denn macht man den Versuch über reinem Wasser, so wird hiervon ein Theil Chlorgas absorbirt, und dieses kommt nun als Chloräther in Rechnung, und stellt man ihn über Wasser an, das mit Chlor gesättigt ist, so bildet sich beim Durchgange des ölbildenden Gases durch dasselbe ein Antheil Chloräther, der nicht mit in Rechnung kommt. Zugleich mufs man mit in Anschlag bringen, dafs der Chloräther durch seine Flüchtigkeit eine Portion Chlorätherga in der Röhre bildet, welches, wie wir gesehen haben, bei $+9°,3$ eine 62,6 Millimeter hohe Quecksilbersäule tragen kann. Nachdem man deshalb seine Correction gemacht hat, betrachtet man die Hälfte des verschwundenen Gases als ölbildendes Gas.

Mit Jod verbindet sich das ölbildende Gas, nach Faraday und Serullas, zu einem festen Körper. Dieser kann auf mehrere Arten erhalten werden, nach Serullas aber am leichtesten so, dafs man Alkohol von 0,833 spec. Gewicht mit Jod sättigt, und dieser Auflösung dann in Alkohol aufgelöstes kaustisches Kali beimischt.

Die Flüssigkeit wird hierauf bei gelinder Wärme verdampft, wobei sich kleine, gelbliche, glänzende Krystallschuppen bilden. Sie können auch aus der spirituosen Flüssigkeit durch Zusatz von Wasser ausgefällt werden. Sie haben einen aromatischen, saffranartigen Geruch und gewürzhaften Geschmack. Sie sind noch einmal so schwer, als Wasser, und sind darin, so wie in Säuren und Alkalien, unauflöslich. Kaustisches Kali zersetzt sie nach und nach. Sie leiten nicht die Elektricität. Bei $+100°$ sublimiren sie sich ohne Zersetzung. Bei $+120°$ schmelzen sie und fangen an sich zu zersetzen, unter Entwickelung von Jod und Absatz von Kohle. Sie sind in Alkohol und Aether auflöslich, und ihre Auflösung hat einen süfsen Geschmack. Von Chlor werden sie zersetzt und geben salzsaures Gas, Chlorjod und eine weifse schmierige Masse, die sich in Alkohol, aber nicht in Wasser auflöst. Sie bestehen aus 2 Volum ölbildendem Gase und 1 Volum Jodgas, oder, dem Gewichte nach, aus 10,325 Kohlenwasserstoff und 89,675 Jod.

Jod kann sich, nach Serullas, mit diesem Gase in einem noch gröfseren Verhältnisse verbinden. Diese Verbindung wird erhalten, wenn die vorhergehende mit Chlorphosphor, im Maximum von Chlor, zu gleichen Theilen vermischt und das Gemenge bei einer zum Schmelzen der Verbindung von Jod und ölbildendem Gase gerade hinreichenden Temperatur destillirt wird. Die Oeffnung des Destillationsgefäfses mündet unter Wasser, in welchem die neue Verbindung wie ein Oel untersinkt. Sie ist im Retortenhalse roth, wird aber im Wasser farblos und unklar. Nach beendigter Destillation wascht man sie zuerst mit Wasser, hierauf mit Kali, um einen Antheil Chlorjod wegzunehmen, und endlich in concentrirter Schwefelsäure, welche einen Antheil Chloräther zerstört. Hierauf wird sie wieder zuerst mit Kali und dann mit Wasser gewaschen. Wird sie mit Schwefelsäure behandelt, ohne zuvor mit Kali gewaschen zu sein, so wird sie zersetzt. Sie ist ein durchsichtiges, schwach gelblich gefärbtes Liquidum. Sie hat einen ätherartigen, durchdringenden Geruch,

ruch, einen lange anhaltenden süfsen Geschmack, der von einem Gefühle von Kälte begleitet ist, wie bei Mentha; sie sinkt in Schwefelsäure unter; ist in Wasser etwas auflöslich, welches davon Geschmack und Geruch annimmt. Sie wird von der Luft zersetzt, wird roth und endlich braun von freiwerdendem Jod. Chlorgas zersetzt sie schnell. Kalium wird davon nicht verändert. Sie läfst sich nicht entzünden, selbst wenn durch ein Gemenge ihres Dampfes mit Sauerstoffgas elektrische Funken geleitet werden. Ihre Zusammensetzung ist noch nicht ausgemittelt. Serullas glaubt, dafs sie weniger Jod enthalte, als die vorige.

Ehe ich diese Gasarten verlasse, mufs ich noch etwas über deren Anwendung in der Oeconomie sagen, die in den letzten Jahren sich sehr verbreitet hat, und vorzüglich in England zu vieler Vollkommenheit gebracht worden ist. Man destillirt nämlich Steinkohle in eigenen gufseisernen Gefäfsen bis zum Rothglühen, und leitet das Gas, welches sich dabei entwickelt, durch ein Gemenge von Kalk und Wasser, durch welche das Schwefel-Wasserstoffgas und kohlensaure Gas verschluckt wird. Das übrig bleibende Gas ist nun ein Gemenge der beiden Kohlen-Wasserstoffarten mit etwas Kohlen-Oxydgas, dessen leuchtende Eigenschaft beim Verbrennen einzig und allein von der Menge des darin enthaltenen ölbildenden Gases abhängt. Dieses Gasgemenge wird in grofsen Gasbehältern aus Eisenblech über Wasser gesammelt, aus welchen es dann durch einen ganz gelinden Druck von $\frac{3}{4}$ Zoll Wasserhöhe durch luftdichte Röhren zu der Stelle geleitet wird, wo es entzündet werden und brennen soll, die oft sehr weit entlegen sein kann. Das Verfahren, die bei der Destillation organischer Stoffe sich entwickelnden Gasarten zu benutzen, wurde im Grofsen zuerst von dem Franzosen Lebon angewandt, welcher seine Vorrichtung dazu eine Thermölampe nannte. Er entwickelte die Gasarten aus Holz. Der Engländer Murdoch wendete Steinkohle statt des Holzes dazu an, die mehr leuchtendes Gas und bei der Destillation weniger stinkende Ne-

benproducte giebt. Man nennt nunmehr diese Art zu beleuchten ziemlich allgemein: die Gasbeleuchtung *).

Da Oele, Talg und Wachs mehr ölbildendes Gas als andere Körper liefern, so hat der Engländer Taylor einen Apparat erfunden, der so eingerichtet ist, dafs schlechtes Oel, welches sonst in Lampen nicht gut brennt, tropfenweise in ein schwach glühendes Rohr von Gufseisen fliefst und hier zerlegt wird, aus welchem dann das Gas in einen Behälter geleitet wird, und nachher, unter ähnlichen Vorrichtungen, wie das Steinkohlengas, angebrannt werden kann; nach Taylors Versicherung soll diese Beleuchtung vortheilhaft seyn. Schwartz hat bei uns in Schweden zu demselben Endzwecke den Gebrauch von Pechöl eingeführt, was eine Art brenzlichen Oeles ist, welches man beim Einkochen des Theeres zu Pech erhält, und welches zuvor fast ohne alle Anwendung war. Es giebt fast eben so viel Licht, wie fette Oele, und kostet nur sehr wenig. Man hat sogar angefangen, zu demselben Zwecke mit grofsem Vortheile den Theer selbst anzuwenden.

Henry hat gezeigt, dafs die verschiedenen Steinkohlenarten auch verschiedene Mengen ölbildendes Gas geben, und daher für die Gasbeleuchtung nicht von gleicher Brauchbarkeit sind, indem z. B. die englische Cannel-Kohle $\frac{1}{3}$ mehr Licht, als die gewöhnliche Steinkohle, giebt. Im Anfange der Arbeit erhält man ein gröfseres Verhältnifs von ölbildendem Gase, als gegen den Schlufs, weil das Gas bei höherer Temperatur seinen Kohlenstoff bis zu einem gewissen Grade verliert. Die Menge des ölbildenden Gases macht bei der Cannel-Kohle anfangs 16 Procent von dem Volumen des Gases aus, zuletzt aber nur 6 bis 4 Procent. Die gewöhnliche Steinkohle giebt anfangs 10 Procent, gegen den Schlufs nur noch 2 Procent

*) Ueber die beste Einrichtung der Gasbeleuchtungs-Apparate und über den grofsen Umfang, welchen diese Beleuchtungsart in England gewonnen hat, sind Accums Schriften nachzulesen, welche Lampadius für Deutschland bearbeitet hat.

und zuletzt gar kein ölbildendes Gas mehr. Die Anwendung des Oels zur Gasbeleuchtung scheint den Vortheil mit sich zu führen, dafs es ganz in der Macht des Arbeitenden steht, durch Anwendung eines heftigen oder geringeren Hitzgrades die möglich gröfste Menge ölbildendes Gas hervorzubringen. Glüht die Eisenröhre, worin das Oel zersetzt wird, nur dunkelroth, so wird nur wenig Gas gebildet, aber sehr viel brenzliches Oel; ist sie dagegen weifsglühend, so wird meist nur Kohlen-Wasserstoffgas im Minimum gebildet. Bei einer gleichförmigen Rothglühhitze giebt das Oel das meiste Kohlen-Wasserstoffgas im Maximum, welches dann $\frac{1}{3}$ vom Volum der entwickelten Gase beträgt; indefs rechnet man im Allgemeinen nur auf $\frac{1}{4}$ ölbildendes Gas im Gase von Oel. Diese Menge wird auch im Gase von Pechöl erhalten, und nach Schwartz's Erfahrung bleibt das Gas von gleicher Beschaffenheit, bei welcher Temperatur auch das Pechöl zersetzt werde. — Da in allen diesen Gasgemengen das ölbildende Gas das hauptsächlich leuchtende ist, so bestimmt man, nach Fyfe's Angabe, ihren relativen Werth, hinsichtlich ihrer leuchtenden Kraft, nach der verschiedenen Volumverminderung, welche sie durch Chlorgas erleiden.

Pfaff hat gefunden, dafs diese brennbaren Gasarten, wenn man sie mit ihrem 2 bis $2\frac{1}{4}$fachen Volumen Sauerstoffgase mischt, im Neumannschen Gebläse noch mit gröfserem Vortheile, als reines Wasserstoffgas, gebraucht werden können, weil sie eine noch höhere Temperatur hervorbringen und eine gröfsere Menge von Knallgas auf einmal angewendet werden kann, indem diese Gasarten weniger leicht entzündlich sind, als das reine Wasserstoffgas, und daher, ohne Gefahr einer Explosion, ein weiteres Ausmündungsrohr gebraucht werden kann.

Aufser diesen beiden gasförmigen Verbindungen von Kohlenstoff und Wasserstoff, hat man noch mehrere, die ölartige Körper bilden, in welchen das Verhältnifs des Kohlenstoffs und Wasserstoffs variirt. Dalton und Henry fanden im Gase von Oel, aufser dem ölbildenden Gase,

eine Verbindung, die zu einem flüchtigen Oele condensirt werden kann, und deren Verbrennung ebenfalls leuchtend ist. Naphta, ein flüchtiges Oel aus dem Mineralreiche, Terpenthinöl und Rosenöl aus dem Pflanzenreiche, sind, nach de Saussures Versuchen, ebenfalls Verbindungen von Kohlenstoff mit Wasserstoff ohne Sauerstoff. In der organischen Chemie werde ich das Nähere über ihre Zusammensetzung anführen.

Stickstoff-Kohlenstoff. Cyan.

Kohlenstoff verbindet sich nicht unmittelbar mit Stickgas; aber im Entstehungs-Zustande verbinden sie sich ganz leicht. In der organischen Natur kommt Stickstoff mit Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff verbunden vor und macht den gröfseren Theil der thierischen Materien aus. Werden diese getrocknet und dann in verschlossenen Gefäfsen durch Glühen zersetzt, so bleibt ein Theil des Stickstoffs in Verbindung mit der Kohle, und nach verschiedenen Verfahrungsarten kann man Verbindungen von verschiedenem Stickstoffgehalte hervorbringen. Von diesen ist jedoch nur eine vollständig untersucht, nämlich:

a) Stickstoff-Kohlenstoff im Minimum von Kohlenstoffgehalt. Er wurde 1814 von Gay-Lussac entdeckt und untersucht. Er nannte ihn Cyanogène (von κυανος, blau), weil er einen Bestandtheil des Berlinerblaues ausmacht. Der Kürze wegen nennen wir ihn Cyan.

Um Kohlenstoff und Stickstoff in dem Verhältnisse, worin sie Cyan bilden, verbunden zu erhalten, vermengt man getrocknete thierische Materien, z. B. getrocknetes Blut, Horn, Klauen u. dgl., mit kohlensaurem Kali, und glüht sie zusammen, bis alle flüchtigen Theile ausgetrieben sind. Hierbei wird das Kali von der Kohle zu Kalium reducirt und ein anderer Theil Kohle bildet mit dem Stickstoffe Cyan, welches sich mit dem Kalium zu Cyankalium verbindet, bei dessen Beschreibung weiter unten die Einzelnheiten dieser Operation angeführt wer-

den. Vom Kalium kann dann das Cyan, durch doppelte Zersetzung, wie man es nennt, auf andere Metalle übergehen. Gewöhnlich überträgt man es zuerst auf Eisen, wo es dann Berlinerblau giebt, welches eine im Handel allgemein vorkommende Malerfarbe ist. Will man Cyan in isolirter Form haben, so versetzt man es vom Berlinerblau auf Quecksilber auf die Weise, dafs man Quecksilberoxyd mit Berlinerblau und Wasser digerirt, wobei sich das Eisen mit dem Sauerstoffe des Oxydes zu Eisenoxyd verbindet, und das Quecksilber sich mit dem Cyan in Wasser als Cyanquecksilber auflöst, welches hierauf beim Verdampfen des Wassers in Krystallen erhalten wird. Um diese Verbindung vollkommen rein zu erhalten, mufs man indefs einige Vorsichtsmafsregeln beobachten, die ich bei der Beschreibung des Cyanquecksilbers (im 2. Th.) auseinandersetzen will. Cyan erhält man aus reinem, vollkommen trockenem Cyanquecksilber, welches man in einer kleinen Glasretorte über einer Spirituslampe erhitzt. Durch die Hitze werden Cyan und Quecksilber von einander getrennt (gleich wie Sauerstoff und Quecksilber bei der Sauerstoffgasbereitung), das Quecksilber nimmt Metallform an, und das Cyan geht als Gas weg und kann aufgefangen werden. Um aber nicht zu viel davon wegen seiner Löslichkeit in Wasser zu verlieren, mufs man es über Quecksilber auffangen. Ist das Cyanquecksilber, dessen man sich bedient, entweder feucht oder enthält es Quecksilberoxyd (mit welchem es sich chemisch verbinden kann), so erhält man ein durch kohlensaures Gas und Cyanwasserstoffgas sehr verunreinigtes Cyangas. Wenn die Gasentwickelung aufgehört hat, so findet man das Quecksilber gewöhnlich in der Wölbung oder dem Halse der Retorte metallisch angesammelt. Auf dem Boden der Retorte sollte nun eigentlich nichts mehr sein; aber gewöhnlich bleibt etwas Kohle zurück. Die Ursache hiervon ist, dafs durch die Hitze, bei welcher das Cyanquecksilber zersetzt wird, auch eine andere Zersetzung als die eben angeführte in Cyan und Quecksilber entsteht, wobei Kohlenstoffquecksilber und Stickgas gebildet wird. Das

Stickgas vermengt sich mit dem Cyangase und verunreinigt es, und das Kohlenstoffquecksilber wird endlich zersetzt in sich verflüchtigendes Quecksilber und zurückbleibende Kohle. Ein kleiner Theil Cyanquecksilber wird immer ohne Zersetzung sublimirt.

Cyangas gehört zu der Klasse gasförmiger Körper, welche wir coërcible nennen. Bei einem Drucke von $3\frac{2}{3}$ bis 4 Atmosphären wird es zu einem farblosen Liquidum condensirt, welches sich noch bei — 18° flüssig erhält, und welches das Licht weniger bricht als Wasser. Sein spec. Gewicht ist ungefähr 0,9, und schwimmt also auf Wasser, wovon es nicht in bedeutendem Grade aufgelöst zu werden scheint. Flüssiges Cyan wird am leichtesten erhalten, wenn man in eine in einen Winkel gebogene und an dem einen Ende verschlossene Glasröhre Cyanquecksilber legt, und dann das offene Ende zuschmilzt. Hierauf erhitzt man das Ende, wo das Cyanquecksilber liegt, über einer Spirituslampe, und kühlt das andere ab, wobei das Cyan condensirt wird. Oeffnet man dann die Röhre, so verdampft das Cyan schnell unter Kälte-Erzeugung, aber ohne Explosion. — Das Cyangas ist farblos, hat einen starken, durchdringenden, schwer zu beschreibenden Geruch, der einen eigenen stechenden Reitz im vordern Theile der Nase und ein eigenes Gefühl in den Augen hervorbringt. Sein spec. Gewicht ist 1,8064. In Glas oder Porzellangefäfsen kann es eine sehr hohe Temperatur ertragen, ohne zersetzt zu werden. Wasser nimmt davon $4\frac{1}{2}$ mal und Alkohol bis 23 mal sein Volum auf. Es ist auch in Aether und Terpenthinöl auflöslich. Vom elektrischen Funken wird es, nach Davy's Versuchen, allmählich zersetzt, unter Absatz von Kohle und ohne Volum-Veränderung. Ueber weifsglühendes Eisen geleitet, wird es ebenfalls zersetzt, es wird Stickgas frei und Kohle setzt sich auf das Eisen ab. Es kann entzündet werden und brennt dann mit bläulicher, mit purpurroth gemengter Flamme. Mit Sauerstoffgas gemengt, kann es durch den elektrischen Funken entzündet werden und explodirt dann in verschlossenen Gefäfsen. Cyangas und Sauerstoffgas

mit einander vermengt, verbinden sich nicht, nach Wöhlers Versuchen, in Berührung mit Platinschwamm bei gewöhnlicher Temperatur; wird aber heifser, jedoch nicht glühender Platinschwamm in einen Strom von Cyangas in atmosphärischer Luft gebracht, so fängt der Schwamm an zu glühen, was so lange dauert, als er noch mit Cyan in Berührung ist. Wird Cyangas über ein glühendes Metalloxyd, z. B. Kupferoxyd, geleitet, so wird es in ein Gemenge von kohlensaurem Gas und Stickgas verwandelt, wovon ersteres dem Volum nach gerade zweimal so viel beträgt als letzteres. Da das kohlensaure Gas die Hälfte von seinem Volum Kohlenstoff enthält, so besteht das Cyangas aus einem Volum gasförmigen Kohlenstoffs und einem Volum Stickgas. Aus dem specifischen Gewichte des Gases findet man, dafs diese zu einem Volume condensirt sind. Dem Gewichte nach besteht es in 100 Theilen aus 45,94 Kohlenstoff und 54,06 Stickstoff.

Cyan wird auf nassem Wege von oxydirenden Flüssigkeiten zersetzt, z. B. schwefelsaures Manganoxyd wird zu Manganoxydulsalz reducirt, wobei das Gas in ein Gemenge von kohlensaurem Gas und Stickgas verwandelt wird; Auflösungen von Alkalien und alkalischen Erden zersetzen es ebenfalls, indem sie es aufnehmen, und bekommen davon eine braune Farbe.

Cyan gehört zu der Klasse von Körpern, welche wir Salzbilder nennen. Es verbindet sich zwar nicht unmittelbar mit den meisten Metallen, weil seine Affinitäten nur schwach sind, aber einmal mit ihnen vereinigt, ist die Verbindung ein Salz. Wird Kalium in Cyangas erhitzt, so entzündet es sich und brennt, und die Verbindung ist Cyankalium, gleichwie das Product der Verbrennung des Kaliums in Chlorgas Chlorkalium ist. Beides sind in Wasser lösliche Salze, und das Cyanquecksilber, welches zur Darstellung des Cyans angewandt wird, hat so viele Aehnlichkeit mit den Salzen, welche das Oxyd des Quecksilbers bildet, dafs man es lange für ein solches hielt. Erhitzt man Platin, Gold oder Kupfer in Cyangas, so zeigen sie selbst in der Glühhitze keine Wirkung darauf;

durch Austauschung können sie aber auf nassem Wege mit Cyan verbunden werden, wie ich später zeigen werde.

Cyan bildet Säuren, sowohl mit Sauerstoff als mit Wasserstoff; aber mit keinem von beiden kann es unmittelbar verbunden werden. Cyansäure kann selbst nicht für sich in Berührung mit Wasser bestehen; sie wird aber gebildet, wenn ein Cyanmetall, vorzüglich Cyankalium, mit Mangan-Superoxyd vermengt und zum anfangenden Glühen erhitzt wird, wodurch cyansaures Kali entsteht. Wird Cyangas über glühendes kohlensaures Kali geleitet, so wird dieses in ein Gemenge von Cyankalium und cyansaurem Kali verwandelt. Wenn Cyangas von einer Auflösung von kaustischem Kali absorbirt wird, so geht zwar dasselbe vor sich, aber die Gegenwart des Wassers veranlaßt zugleich noch eine andere Einwirkung auf das Cyan, welches zersetzt wird, indem sich die Flüssigkeit braun, und zuletzt schwarz färbt und eine stickstoffhaltige Kohle absetzt.

Mit Wasserstoffgas verbindet sich Cyan weder durch Druck, noch durch den elektrischen Funken; werden aber Cyanmetalle mit einer Säure behandelt, so oxydirt sich das Metall auf Kosten des Wassers, und das Cyan verbindet sich mit dem Wasserstoff. Die Verbindung wird Blausäure, Hydrocyansäure genannt, und ist ein sehr flüchtiges Liquidum, dessen nähere Beschreibung unter den Wasserstoffsäuren folgt.

Cyan verbindet sich in mehreren Verhältnissen mit Schwefel, und alle diese Verbindungen sind Salzbilder; sie werden aber weder durch Erhitzung des Schwefels mit Cyangas gebildet, noch können sie isolirt erhalten werden. Man bekommt sie aber in Verbindung mit Kalium, wenn Schwefelkalium auf Cyangas einwirkt, oder Cyankalium mit Schwefel geschmolzen wird. Bei den Wasserstoffsäuren werde ich dasjenige anführen, was wir über die Verbindungen dieser Körper wissen.

Cyangas und Chlorgas wirken nicht aufeinander. Chlorgas wirkt im Dunkeln nicht auf Cyanquecksilber, werden sie aber vom Sonnenlichte berührt, so entsteht Chlorqueck-

silber und Chlorcyan. Eben so kann Chlorgas im Dunkeln mit Dämpfen von Blausäure ohne Veränderung gemengt werden, aber beim Zutritte des Lichtes bildet sich Salzsäure und Chlorcyan. Dieses erhält man indefs in einiger Menge am besten so, dafs man wässrige Blausäure so lange in Berührung mit Chlorgas bringt, als noch davon absorbirt wird; ein Theil des Chlors verwandelt sich hierbei in Salzsäure, und ein anderer Theil bildet mit dem Cyan Chlorcyan. Den Ueberschufs von Chlor, welchen die Flüssigkeit erhält, nimmt man durch Schütteln mit Quecksilber weg; man erhitzt dann die Flüssigkeit in einem Destillationsgefäfse, wodurch kohlensaures Gas, kohlensaures Ammoniak und Chlorcyan aus dem Wasser ausgetrieben, und das Chlorcyan aufgesammelt werden kann. Es ist eine farblose, ölartige Flüssigkeit, von eigenthümlichem Geruche, der die Augen zum Thränen reitzt. Es röthet Lackmuspapier; sein Kochpunkt ist ungefähr $+18°$. Es läfst sich weder an der Luft, noch mit Sauerstoffgas oder Wasserstoffgas gemengt, durch elektrische Funken entzünden; wird es aber mit Knallluft gemengt, so verbrennt es durch den elektrischen Funken und giebt Stickgas, salzsaures und kohlensaures Gas. Es besteht, nach Gay-Lussac, dem Gewichte nach aus 42,56 Cyan und 57,44 Chlor. Chlorcyan ist in Wasser auflöslich, wird aber beim Erwärmen davon in Salzsäure, Kohlensäure und Ammoniak zersetzt, welches die Ursache der Entwikkelung von Kohlensäure ist, welche bei der eben angeführten Bereitungsart entsteht. Eine Auflösung von Chlorcyan in kaltem Wasser fällt nicht das salpetersaure Silber. Wird ein Alkali, z. B. Kali, zugesetzt, so entsteht ein Niederschlag von Chlorsilber, weil durch die Einwirkung des Kali's Chlorkalium und cyansaures Kali entsteht, welches letztere indefs sogleich sich zu zersetzen anfängt, wie ich bei diesem Salze näher zeigen werde. Wird Kalium mit Chlorcyan erhitzt, so erhält man ein gelbes Doppelsalz von Cyankalium und Chlorkalium, das durch Auflösung in Wasser zerlegt wird. Eine der ausgezeichnetsten Eigenschaften des Chlorcyans ist die, dafs es aus der Auf-

lösung neutraler Eisenoxydsalze eine grüne Verbindung fällt. Schon Berthollet hatte dieses Verhalten einer mit Chlor behandelten Blausäure wahrgenommen und diese deshalb oxydirte Blausäure genannt. Gay-Lussac, welcher hierauf das Chlorcyan näher untersuchte, nennt es, wegen seiner Eigenschaft Lackmuspapier zu röthen, Chlorocyansäure.

Mit Jod verbindet sich Cyan, nach Wöhlers Versuchen, wenn Cyanquecksilber, oder besser Cyansilber, mit Jod vermengt und gelinde erhitzt wird. Es bildet sich Jodmetall, und Jodcyan sublimirt sich als zarte, aus kleinen, weifsen Nädelchen bestehende, Wolle. Es hat einen eigenen, scharfen Geschmack und einen eigenen, die Augen zum Thränen reitzenden Geruch. Es ist in Wasser auflöslich, und reagirt nicht auf Stärkemehl. Von Kali wird es in Cyankalium und jodsaures Kali zersetzt. Mit Quecksilber bildet seine Auflösung Jodquecksilber unter Entwickelung von Cyan. Mit Schwefel-Wasserstoffgas giebt es Hydriodsäure und Hydrocyansäure (Blausäure) unter Abscheidung von Schwefel. Nach Serullas besteht das Jodcyan aus 82,8 Jod und 17,2 Cyan, welches gleichen Raumtheilen Jod und Cyan in Gasgestalt entspricht.

b) Kohlenstoff-Stickstoff mit gröfseren Mengen Kohlenstoffs. Wenn Cyan von Alkali zersetzt wird, oder wenn Blausäure sich von selbst zersetzt, so wird eine dunkelbraune, oder in Masse schwarze Materie abgeschieden, welche aus Kohlenstoff und Stickstoff in unbekannten Verhältnissen besteht. Ihre Eigenschaften sind ebenfalls noch wenig untersucht, man weifs nur davon, dafs sie in kaustischem Alkali mit brauner Farbe auflöslich ist und daraus wieder durch Säuren gefällt werden kann. Sie verbrennt ohne Rückstand. Durch Glühen mit kohlensaurem Alkali giebt sie Cyan und Kohle. Wird getrocknetes Blut, Muskelfaser, Eiweifs u. dgl. in Destillationsgefäfsen verkohlt, so bleibt eine stickstoffhaltige Kohle zurück, welche als ein Kohlenstoff-Stickstoff im Maximum von Kohlenstoffgehalt betrachtet werden

kann. An offener Luft erhitzt, verbrennt sie nur schwer und bildet, auf Kosten der Feuchtigkeit der Luft, kohlensaures Ammoniak, welches man durch den Geruch unter den Verbrennungs-Producten erkennen kann. Gießt man Wasser auf die heiße, fast noch glühende Kohle, so entwickelt sich Ammoniak in großer Menge. Diese Verbindungen von Kohlenstoff und Stickstoff verdienen eine nähere Untersuchung.

Schwefel-Kohlenstoff.

Bei höherer Temperatur verbindet sich der Schwefel mit Kohlenstoff in verschiedenen Verhältnissen, und bildet Schwefel-Kohlenstoff in fester, flüssiger und in Gasgestalt.

Tropfbarflüssiger Schwefel-Kohlenstoff. Aus einem Gemenge von Schwefel und Kohlenpulver, die man einer höheren Temperatur aussetzt, kann diese Verbindung nicht erhalten werden, weil sich der Schwefel schon bei einer geringeren Temperatur, als zu dieser Verbindung erfordert wird, verflüchtiget; man muß daher Schwefeldämpfe über glühende Kohle streichen lassen. Man füllt deshalb eine Röhre von Porzellan, Fig. 14. Taf. II. c d, oder eine gut beschlagene Glasröhre, mit gut ausgebrannter Holzkohle, und kittet an dem einen Ende derselben eine Glasröhre a b ein, deren Oeffnung a luftdicht mit einem Korke verschlossen ist, durch welchen ein Stempel e von dickem Eisendrathe hineingeschoben werden kann. In die Röhre werden vom Korke an bis b kleine passende Schwefelstangen eingelegt. Am anderen Ende der Porzellanröhre wird eine andere, wie f gekrümmte, Glasröhre eingesetzt, die zu einer tubulirten, mit eiskaltem Wasser angefüllten Flasche niederführt, aus deren zweiter Oeffnung eine, zu Gasversuchen gehörig gebogene Glasröhre nach der Wanne geleitet wird. Die Porzellanröhre wird nun bis zum völligen Rothglühen erhitzt, worauf man anfängt, den Schwefel in der glühenden Röhre nach und nach mit dem Stempel vorwärts zu schieben. Der Schwefel verwandelt sich nun in Dämpfe, die sich mit der glü-

henden Kohle verbinden und einen flüchtigen Körper, den Schwefel-Kohlenstoff, bilden, der aus der Röhre heraustritt und sich unter Wasser in der Flasche sammelt. Man muſs Acht darauf haben, daſs nicht etwa zu viel oder zu wenig Schwefel auf einmal die Kohle trifft. Denn tritt zu wenig Schwefel hinzu, so wird fast nichts von der flüchtigen Feuchtigkeit gebildet; wenn man dagegen zu viel Schwefel auf einmal über die Kohle streichen läſst, so erhält man in der Röhre eine gelbliche, theils teigige, theils feste und krystallisirte Masse, die sich allmählich im kälteren Theile der Röhre anhäuft, diese verstopft und den Versuch miſsglücken läſst. Während des Versuchs entwickelt sich zugleich eine geringe Menge von einer eigenen beständigen Gasart, dem Schwefel-Kohlenstoffgase. Bedient man sich dazu, statt ausgebrannter Holzkohle, gewöhnlicher ungebrannter Kohle, so erhält man, aus leicht begreiflichen Ursachen, zugleich eine Menge Schwefel-Wasserstoffgas.

Dieser Versuch gelingt nicht immer gleich gut und liefert, unter verschiedenen, noch nicht gehörig ausgemittelten Umständen, sehr verschiedene Quantitäten von diesem Körper. Am leichtesten erhält man ihn, wenn man in einem Ofen eine, mit gut ausgebrannter Holzkohle gefüllte Porzellanröhre in etwas schiefer Richtung, nämlich so befestiget, daſs von den beiden Enden der Röhre, welche aus dem Ofen herausstehen, das eine $\frac{1}{2}$ Viertelelle höher, als das andere, liegt. Von der unteren Oeffnung aus, leitet man eine weite Glasröhre in das Wasser nieder, und die obere wird mit einem Kork verschlossen. Wenn die Kohle im Innern der Röhre gut glüht, steckt man im oberen Ende Schwefel hinein und verkorkt es wieder. Der Schwefel schmilzt, rinnt durch die Kohle niederwärts, und bildet geschwefelten Kohlenstoff, der im Wasser gesammelt wird. Hört die Entwickelung auf, so steckt man ein neues Stück Schwefel in die Röhre, und fährt auf diese Weise fort. Man muſs hierbei stets darauf sehen, daſs ein Ueberschuſs von Schwefel durch das Rohr geht; denn auſserdem erhält man bloſs geschwe-

feltes Kohlenstoffgas, wovon sich nichts condensirt. Die gröfste Schwierigkeit bei dieser Arbeit ist, dem vorzubeugen, dafs das Rohr von dem durch die Kohle durchgegangenen und wieder aufserhalb des Ofens gerinnenden Schwefel nicht verstopft wird.

Die Arbeit gelingt auch, wenn man den Schwefel aus einer Retorte in Dampfgestalt in glühende Kohlen hineintreibt, und dieses Verfahren hat den Vortheil, dafs die Vorlage nicht mit Schwefel angefüllt und verschlossen wird.

Man kann auch Schwefel-Kohlenstoff entwickeln, wenn man Schwefel-Antimon *(Antimonium crudum)* in einem Destillationsgefäfse mit Kohle glüht: man erhält ihn ganz rein von einem Ueberschusse an Schwefel, nur in geringerer Menge; auch erfordert diese Arbeit eine höhere Temperatur und eine längere Unterhaltung des Feuers.

Man kann ihn auch bereiten, wenn man 4 Theile Schwefelkies (natürliches Schwefeleisen mit Ueberschufs von Schwefel) mit 1 Theil oder etwas mehr gut ausgebrannter Kohle in einer Porzellan-Retorte destillirt. Dabei kommt alles darauf an, dafs beide Körper fein gepulvert und hinreichend durcheinander gemengt sind. Wenn man ein Gemenge von Wachs oder Zucker mit Schwefel destillirt, so erhält man, neben Schwefel-Wasserstoff, eine grofse Menge tropfbarflüssigen Schwefel-Kohlenstoff, der aber von brenzlichem Oele verunreiniget ist.

Der auf diese Weile erhaltene Schwefel-Kohlenstoff ist gelb, oder gelblichgrün, schwerflüssig und trübe. Er enthält noch Schwefel aufgelöst, von welchem er durch Destillation befreit werden mufs, wodurch er, bei ganz gelinder Wärme, völlig klar und farbenlos wird. Ist er nach dem Destilliren noch unklar, so rührt dieſs vom Wasser her, welches sich nach einigen Tagen absetzt. Er hat einen scharfen, stinkenden, etwas aromatischen Geschmack, und einen eklen Geruch, der dem Geruche des Schwefel-Wasserstoffs ähnlich, aber doch noch anders ist. Sein spec. Gewicht ist 1,272, und sein Lichtbrechungs-

Vermögen 1,645. In freier Luft kocht er bei +42°, und bei +12° verdunstet er mit solcher Kraft, dafs er eine Quecksilbersäule von 7,6 Zoll Höhe trägt, und die Luft, welche er sättiget, um $\frac{1}{4}$ ihres Volumens ausdehnt. Es ist noch nicht bekannt, dafs er bei irgend einem Kältegrade zum Erstarren gebracht werden könnte. Durch seine Verdunstung unter der Luftpumpe kann eine Kälte bis zu 60° hervorgebracht werden, wobei der unverdunstete Theil noch flüssig bleibt.

Der Schwefel-Kohlenstoff ist höchst entzündlich, bedarf dazu kaum der Temperatur des kochenden Quecksilbers, und fängt, wenn man ihm einen brennenden Körper nähert, schon in ziemlicher Entfernung Feuer. Er brennt mit blauer Flamme, giebt dabei schweflichtsaures Gas und Kohlensäure, und entwickelt beim Verbrennen eine sehr hohe Temperatur. Er löst sich nicht im Wasser auf, dieses nimmt aber den Geruch von ihm an, und enthält wahrscheinlich einen Theil verschlucktes Gas von diesem Körper, so wie es auch andere Gase aufnimmt. Vom Alkohol und Aether wird er in allen Verhältnissen aufgelöst. Er läfst sich leicht mit fetten und flüchtigen Oelen mengen und löst den Kampher auf. Er wird von Luft und Wasser nicht zerlegt; wenn man ihn aber in einer verschlossenen Flasche mit ein wenig Wasser längere Zeit aufbewahrt, so dafs er von Luft und Wasser zugleich berührt wird, so wird er gelb, und das Wasser enthält Schwefelsäure, die Luft aber kohlensaures Gas. — Bei der gewöhnlichen Lufttemperatur wirkt er nicht auf die Metalle; wenn er in Dampfgestalt mit glühenden Metallen in Berührung kommt, so schwefeln sich diese auf seine Unkosten, und die Kohle schlägt sich auf den geschwefelten Metallen nieder. — Kalium, in Dämpfen von Schwefel-Kohlenstoff erhitzt, entzündet sich, verdichtet, unter Erscheinung von Feuer, den Schwefel, und bildet Schwefelkalium mit Kohle gemengt.

Leitet man Dämpfe von Schwefel-Kohlenstoff durch glühende Metalloxyde, so entsteht kohlensaures Gas, schweflichtsaures Gas, und die reducirten Metalle wer-

den geschwefelt. — Der Schwefel-Kohlenstoff löst den Schwefel auf; die Auflösung ist dunkelgelb und setzt beim Abdunsten den Schwefel in Krystallen ab. Er wird von Alkohol und Aether gefällt, wobei sich der Schwefel in nadelförmigen Krystallen absetzt. Schüttelt man die Auflösung des Schwefels im Schwefel-Kohlenstoff mit einem Blei- oder Silber-Amalgam, so nimmt das Metall den aufgelösten Schwefel auf. Der Schwefel-Kohlenstoff löst den Phosphor, und zwar in grofser Menge, nämlich bis zum 8fachen Betrage seines Gewichts, auf. Man hat angegeben, dafs diese Auflösung sich an der Luft von selbst entzünde; ich habe diefs aber nicht gefunden. Sie wird von Alkohol gefällt, welcher den Phosphor ausscheidet. Schwefel-Kohlenstoff verbindet sich mit Chlor, welches davon aufgenommen wird und seinen Geruch annimmt, ohne im Uebrigen davon verändert zu werden. Kommen aber beide miteinander in Berührung mit Wasser, so zersetzen sie sich, und es bildet sich ein eigner, krystallinischer Körper, der aus Kohlenoxyd, unterschweflichter Säure und Chlor besteht, und welchen ich beim Kohlenoxyd beschreiben werde. Mit Jod verbindet sich Schwefel-Kohlenstoff ebenfalls sehr leicht; das Jod löst sich darin auf und bildet eine schöne rothe Flüssigkeit. Wasser bringt darin keine, der eben angeführten, analoge Veränderung hervor; es löst nur einen Theil der Verbindung mit sehr dunkelbrauner Farbe auf, wobei ohne Zweifel Wasser zersetzt wird. Um die Mündung einer Flasche herum, in welcher Jod, in Schwefel-Kohlenstoff aufgelöst, aufbewahrt wurde, habe ich rothe, luftbeständige Krystalle sich bilden gesehen, deren Zusammensetzung nicht untersucht wurde.

Wenn man Schwefel-Kohlenstoff in Dampfgestalt über erhitzte Baryterde oder Kalkerde leitet, so wird er davon, unter Feuererscheinung, eingesogen. Der Kohlenstoff oxydirt sich, auf Kosten der Erde, zu Kohlensäure, welche von dem noch unzerlegten Antheil der Erde zurückgehalten wird. Das hergestellte metallische Radikal der Erde verbindet sich mit dem Schwefel, und man

erhält ein Gemenge vom Schwefelmetall mit der kohlensauren Erde. Vom Schwefelkalium im Minimum wird der Schwefel-Kohlenstoff auf dem nassen Wege reichlich aufgelöst und theilt der Auflösung eine tiefe gelbe Farbe mit. Von kaustischem Kali wird der Schwefel-Kohlenstoff langsam aufgenommen, der Kohlenstoff verbindet sich mit dem Sauerstoff des Kali's zu Kohlensäure, und der Schwefel mit dem Kalium zu Schwefelkalium, welches einen Antheil des noch unzerlegten Schwefel-Kohlenstoffs auflöst. Wenn man aber Dämpfe von Schwefel-Kohlenstoff bei anfangender Rothglühhitze über kohlensaures Kali leitet, so wird der Schwefel-Kohlenstoff zersetzt, und man bekommt ein Schwefelkalium, welches nach der Auflösung in Wasser den Kohlenstoff unaufgelöst zurückläßt. Mit den Auflösungen des Schwefel-Kohlenstoffs in Schwefelkalium kann man aus mehreren Metall- und Erdsalzen eigene Verbindungen von Schwefel-Kohlenstoff mit Schwefelmetallen niederschlagen, wovon nur wenige beständig sind, die meisten aber sich nach einigen Stunden zerlegen.

Der Schwefel-Kohlenstoff besteht aus 84,23 Theilen Schwefel und 15,77 Theilen Kohlenstoff, oder aus 100 Theilen Schwefel und 18,72 Theilen Kohlenstoff. Dieses Verhältniß ist so beschaffen, daß, wenn der Kohlenstoff sich auf Kosten des Wassers oxydirt, dabei gerade so viel Wasserstoff frei wird, als zur Verwandlung des Schwefels in Schwefel-Wasserstoff erforderlich ist.

Der Schwefel-Kohlenstoff wurde von Lampadius entdeckt, welcher denselben zufällig bei Destillation eines Schwefelkieses mit Kohle erhielt, nachher aber nicht von neuem wieder hervorbringen konnte. Er nannte ihn Schwefel-Alkohol. Einige Zeit nachher entdeckten ihn Clement und Desormes von neuem, und zugleich die Methode seiner Bereitung; sie fanden, daß er aus Schwefel und Kohle zusammengesetzt sei. Berthollet d. J. suchte zu beweisen, daß er keine Kohle, sondern Schwefel und Wasserstoff enthalte, und mehrere Chemiker nahmen an, er sei ein im Maximum geschwefelter Wasserstoff. Cluzel suchte darzuthun, daß er Wasserstoff, Kohle,

Kohle, Stickstoff und Schwefel enthalte, den letztern aber in einem solchen Zustande, dafs er mehr Schwefelsäure als der gewöhnliche Schwefel gebe, und dafs dieser Schwefel ein Oxyd des Schwefelradikals sei, welches im Schwefel-Kohlenstoff enthalten sein sollte. Endlich bewiesen Berthollet d. Ä., Vauquelin und Thénard, dafs er aus Schwefel und Kohle ohne Wasserstoff bestehe, welches auch durch einige Versuche bestätiget wurde, die ich in Gesellschaft von D. Marcet in London anstellte.

Fester Schwefel-Kohlenstoff. Die bei der Bereitung des Schwefel-Kohlenstoffs übrigbleibende Kohle ist sehr zerfressen und nicht mehr reine Kohle, sondern enthält vielen Schwefel. Der Schwefel hat nämlich den Wasserstoff daraus verjagt (wodurch während der Arbeit viel geschwefeltes Wasserstoffgas gebildet wird), dabei die Stelle des Wasserstoffs eingenommen und ein Supercarburetum des Schwefels gebildet, aus welchem der letztere durch Hitze nicht vertrieben werden kann. Verbrennt man es in einem Tiegel mit Salpeter, so erhält man unter den Producten auch schwefelsaures Kali.

Schwefel-Kohlenstoffgas. Wenn Schwefelkalium (welches aus kohlensaurem Kali und Schwefel zusammengeschmolzen ist) mit gut ausgebrannter gepulverter Holzkohle gemengt und in einer, mit dem Gasentwickelungsrohre versehenen, Retorte (wie Fig. 1. Taf. II.) destillirt wird, so erhält man eine ansehnliche Menge eines besonderen Gases, das etwas nach Schwefel-Wasserstoffgas riecht, aber im Wasser ganz unauflöslich ist und nicht sauer reagirt. Es ist entzündlich und brennt mit Entwickelung von schweflichter Säure und Kohlensäure. Von Chlorgas wird es augenblicklich zerstört, und ein Theil Schwefel dabei abgeschieden. Es soll keinen Wasserstoff enthalten, ist von Scheele entdeckt, seitdem aber fast nicht weiter untersucht worden, und verdient daher wohl eine nähere Prüfung.

Phosphor-Kohlenstoff.

Wenn man Phosphor bereitet, so verbindet sich ein Theil der zur Zerlegung der Phosphorsäure angewendeten Kohle mit Phosphor. Diese Verbindung schmilzt nicht wie der Phosphor, und wird erhalten, wenn man den in die Vorlage übergegangenen Phosphor in kochend heifsem Wasser durch sämisch gegerbtes Ziegenleder preſst, wo der gekohlte Phosphor zurückbleibt. Er enthält noch ein wenig überschüssigen Phosphor, der durch Destillation bei gelinder Wärme ausgeschieden werden kann. Das in der Retorte zurückgebliebene ist die vollkommen gesättigte Verbindung der Kohle und des Phosphors. Er hat eine dunkel pomeranzengelbe Farbe, leuchtet nicht im Finstern, und verändert sich in der Luft bei gewöhnlicher Temperatur nicht. In bedeckten Gefäfsen wird er bei der Glühhitze zerlegt, indem der Phosphor überdestillirt, die Kohle aber zurückbleibt. Der gekohlte Phosphor entzündet sich in der Luft bei höherer Temperatur, verbrennt, und läfst eine mit Phosphorsäure umgebene Kohle zurück.

Phosphor-Kohlenoxydgas. Bei der Bereitung des Phosphors geht gegen das Ende der Arbeit, neben der Kohlensäure, noch eine eigene beständige, brennbare Gasart über, welche durch Umschütteln mit Kalkwasser von dem ihr anhängenden kohlensauren Gase befreit werden kann. Sie hat einen unangenehmen Geruch, wird vom Wasser nicht aufgelöst, von Alkalien und Erdarten nicht verändert, brennt in der Luft mit einer hellen, phosphorähnlichen Flamme, schlägt Gold, Silber und Platin aus ihren Auflösungen in metallischer Gestalt nieder, und verliert ihren Phosphorgehalt, wenn man sie mit Schwefelsäure, Salpetersäure oder Chlorwasser umschüttelt. Sie scheint aus einer Verbindung des Phosphors mit Kohlenoxydgas, und vielleicht etwas Wasserstoffgas zu bestehen. Sie nimmt einen ziemlichen Theil Phosphor in sich auf, und vermindert daher das Quantum desselben, welches man aufserdem erhalten würde, bedeutend. Man hat daher versucht, sie in einem Apparate zu verbrennen, wo man die dabei gebildete Phosphorsäure auffangen kann.

Nach Grotthuſs erhält man ein ähnliches Gas, wenn man Phosphor in einer Auflösung von Kali im Alkohol kocht. Dieses Gas entzündet sich aber nicht von selbst, und wird sowohl von rauchender Salpetersäure, als auch von Salpetergas, welches mit Sauerstoffgas gemengt ist, so wie von Chlor entzündet. Es giebt Kohlensäure und Phosphorsäure.

Chlor-Kohlenstoff.

Kohle verbindet sich mit Chlor nicht durch unmittelbare Berührung. Bringt man eine erhitzte, aber nicht glühende Kohle in Chlorgas, das über Wasser aufgesammelt und also feucht ist, so entzündet sie sich, und es wird kohlensaures und salzsaures Gas gebildet. Man erklärte diese Erscheinung lange Zeit so, daſs das Chlor von der Kohle zu Salzsäure reducirt werde, während die Kohle auf Kosten seines überschüssigen Sauerstoffs zu Kohlensäure verbrenne; aber Humphry Davy zeigte, daſs in diesem Falle Wasser gegenwärtig sein müsse, und daſs sich dessen Wasserstoff mit Chlor und dessen Sauerstoff mit Kohlenstoff verbindet. In wasserfreiem Chlorgase wird eine wohl ausgeglühte Kohle bei keiner Temperatur verändert. Davy lieſs den 2000paarigen elektrischen Trogapparat der Royal Institution in London sich durch zwei Kohlenspitzen entladen, welche in trocknem Chlorgase in Berührung mit einander gesetzt waren, und wodurch die Kohle der intensivsten Hitze, die hervorgebracht werden kann, ausgesetzt wurde, ohne daſs weder die Kohle, noch das Gas eine Veränderung dadurch erlitten. Es ging hieraus hervor, daſs Chlor keinen lose gebundenen Sauerstoff enthalten konnte, und dieser Versuch wurde seitdem als Grundbeweis für die Einfachheit des Chlors angenommen. Er lieſs indeſs die Einwendung zu, daſs, obgleich in dem Chlor Sauerstoff nicht so lose gebunden vorhanden sein könne, wie man vermuthete, es dessen ungeachtet möglich wäre, daſs derselbe darin enthalten sei, daſs er aber die Salzsäure nicht eher verlasse, als bis diese von einem Körper aufgenommen würde, dessen Oxyd

sich mit der Salzsäure verbinden könne, welches mit Chlor nicht der Fall zu sein schien. Aber dieser Einwurf ist seitdem von Faraday vernichtet worden, welcher nicht weniger als 3 Verbindungen zwischen Chlor und Kohlenstoff entdeckt hat, in welchen sich 1 Volum des letzteren mit 1, 2 und 3 Volum Chlor verbinden.

Chlor-Kohlenstoff im Maximum von Chlorgehalt. Wenn man die ätherartige Flüssigkeit, welche vom ölbildenden Gase mit Chlor erzeugt und gewöhnlich Chloräther genannt wird, in einem mit Chlorgas angefüllten Gefäfse dem Sonnenlichte aussetzt, so verschwindet nach und nach die Farbe des Gases, und dasselbe wird in salzsaures Gas verwandelt. Läfst man dieses durch Wasser absorbiren, und so oft wieder Chlorgas an dessen Stelle treten, als noch salzsaures Gas erzeugt wird, so verwandelt sich der Chloräther in eine feste, krystallinische Masse, deren Bildung schon Collin und Robiquet bemerkt hatten, ohne sie aber weiter zu verfolgen. Bei diesem Versuche theilt sich das Chlor zwischen dem Wasserstoffe und dem Kohlenstoffe; der Chlor-Wasserstoff (die Salzsäure) nimmt Gasform an, und Chlor-Kohlenstoff bleibt in fester Gestalt zurück. Um ihn von anhängender Salzsäure zu reinigen, spült man ihn zuerst mit Wasser ab, löst ihn dann in Alkohol auf, und läfst dann diese Auflösung tropfenweise in Wasser fallen, dem etwas Kali beigemischt ist. Er wird dadurch aus der Flüssigkeit niedergeschlagen, man süfst ihn mit Wasser aus, preſst ihn stark zwischen Löschpapier und trocknet ihn. Dieser Körper ist farblos, fast ohne Geschmack, hat aber einen aromatischen, kampherartigen Geruch. Er ist leicht zerreiblich; sein spec. Gewicht ist beinah zweimal so groſs wie das des Wassers. Bei +160° schmilzt er und kocht bei +180°. Die Dämpfe verdichten sich zu durchscheinenden Krystallen, deren Grundform ein Octaëder ist. Im flüssigen Zustande ist er durchsichtig und farblos. Er ist schwer zu verbrennen; in der Glühhitze aber dem Sauerstoffgase ausgesetzt, brennt er mit Lebhaftigkeit und verwandelt sich in kohlensaures Gas und in Chlorgas. In der Flamme

einer Weingeistlampe brennt er fort und stöfst salzsaure Dämpfe aus, verlöscht aber, wenn er aus der Flamme genommen wird. Er löst sich weder in kaltem noch warmen Wasser auf, ist aber im Alkohol und noch leichter im Aether auflöslich. Diese Auflösungen werden nicht von salpetersaurem Silberoxyd getrübt. In fetten und flüchtigen Oelen ist er ebenfalls auflöslich. In Dampfgestalt mit Wasserstoffgas vermischt, läfst er sich durch den elektrischen Funken nicht entzünden. Wird aber das Gemenge durch eine glühende Röhre getrieben, so erhält man salzsaures Gas und in der Röhre setzt sich Kohle ab. Werden Dämpfe von diesem Körper über glühende Metalle geleitet, so zersetzt er sich, und man erhält ein Chlormetall (salzsaures Salz) und Kohle. Werden sie über glühende Metalloxyde geleitet, so erhält man Chlormetalle, kohlensaures Gas und reducirtes Metall. Von den wasserfreien alkalischen Erden (die Talkerde ausgenommen) werden die Dämpfe unter Feuererscheinung verschluckt, die Masse wird schwarz, und man erhält ein Gemenge von salzsaurer und kohlensaurer Erde mit Kohle. Bei keinem von diesen Versuchen wird Wasser oder salzsaures Gas erzeugt. Die Zusammensetzung dieses Körpers hat Faraday folgendermafsen ausgemittelt. Ein Volum ölbildendes Gas condensirt 5 Volum Chlorgas und giebt 4 Volum salzsaures Gas. Diese enthalten aber nur 2 Volum Chlor (weil das salzsaure Gas zur Hälfte aus Chlor und zur Hälfte aus Wasserstoff besteht). Es sind daher 3 Volum Chlor mit dem Kohlenstoffe des ölbildenden Gases in Verbindung getreten. Wir haben zuvor gesehen, dafs dieses Gas ein mit dem seinigen gleiches Volum Kohlenstoff enthält. Dem Gewichte nach besteht dieser Chlor-Kohlenstoff in 100 Theilen aus 10,18 Kohlenstoff und 89,82 Chlor.

Mittlerer Chlor-Kohlenstoff. Läfst man die eben beschriebene Verbindung in Dampfgestalt durch eine glühende Porzellanröhre, welche mit kleinen Stücken von Porzellan angefüllt ist, in eine erkaltete Vorlage streichen, so zersetzt sie sich, es wird Chlorgas entbunden, und in

der Vorlage sammelt sich eine ätherartige Flüssigkeit. Diese ist durch etwas Chlor gelblich gefärbt und zugleich mit einem unzersetzten Antheile der vorigen Verbindung verunreinigt. Von diesen muſs sie durch wiederholte Destillationen befreit werden. Im reinen Zustande ist sie farblos und wasserhell. Ihr eigenth. Gewicht ist 1,5526. Sie bricht das Licht ungefähr wie geschmolzner Kampher, ist ein Nichtleiter der Elektricität, und läſst sich in trocknem Sauerstoffgase nicht entzünden, wenn die Temperatur nicht sehr erhöht ist. In der Weingeistflamme brennt sie mit einer leuchtenden, gelblichen Flamme, giebt vielen Rauch und Dämpfe von Salzsäure. Bei —18° behält sie sich noch flüssig. Unter Wasser erhitzt, nimmt sie zwischen +71° und 77° Dampfgestalt an, und behält diesen Zustand, bis die Temperatur erniedrigt wird. Im Wasser ist sie unauflöslich, löst sich aber im Alkohol, Aether, in fetten und flüchtigen Oelen auf. Sie absorbirt das Chlor, verbindet sich aber nicht eher chemisch damit, als bis sie dem Sonnenlichte ausgesetzt wird, wobei sie dann in die vorhergehende, krystallinische Verbindung übergeht. Es ist eine sehr merkwürdige Thatsache, daſs hier Wärme und Licht entgegengesetzte Wirkungen hervorbringen, indem der Wärmestoff die Trennung, und der Lichtstoff die Wiedervereinigung begünstigt. Nach Faraday's Untersuchung besteht diese Verbindung aus 1 Volum Kohlenstoff und 2 Volum Chlor, oder in 100 Th. aus 14,5 Kohlenstoff und 85,5 Chlor. Zu den Metallen, dem Wasserstoff und zu den Salzbasen verhält sie sich wie die vorhergehende.

Chlor-Kohlenstoff im Minimum von Chlorgehalt. Julin in Åbo hatte bei einer Destillation von Scheidewasser ein Sublimat erhalten, welches dem zuerst erwähnten Chlor-Kohlenstoff im Aeuſsern sehr ähnlich war. Es wurde Faraday und Phillips zur Untersuchung überlassen, welche fanden, daſs es ein dritter Chlor-Kohlenstoff war, der aus gleichen Volum Kohlenstoff und Chlor zusammengesetzt ist, oder dem Gewichte nach aus 25,2 Kohlenstoff und 74,8 Chlor. Diese Verbindung ist

farblos, leicht schmelzbar, flüchtig, schwer zu verbrennen, in Wasser unauflöslich, aber auflöslich in Alkohol und Aether. Julin hat sie nur ein einziges Mal bekommen, und es gelang Faraday und Phillips nicht, sie künstlich hervorzubringen. Die Umstände, unter welchen sie sich erzeugt, sind daher bis jetzt noch unbekannt.

Eine Verbindung von Kohlenstoff mit Jod ist noch nicht bekannt.

9. Bor *(Boron)*.

Dieser Körper wurde zu gleicher Zeit von Davy in England und von Gay-Lussac und Thénard in Frankreich entdeckt. Er ist das brennbare Radikal der Säure in einem fossilen Salze, dem sogenannten Boraxe, von welchem er seinen Namen erhalten hat. Er kommt selten in der Natur vor und immer nur als Boraxsäure, theils als freie, theils verbunden mit Natron, mit Talkerde, und als Bestandtheil verschiedener Mineralien, wie im Datholit, Axinit, Turmalin.

Die genannten Chemiker erhielten Bor, indem sie fein gepulverte Borsäure, die zuvor durch Schmelzen von Wasser befreit war, mit Kalium vermengten und zum anfangenden Glühen erhitzten. Das Kalium verbindet sich dabei mit dem Sauerstoffe der Säure zu Kali, welches mit einem andern unzersetzten Theile der Säure borsaures Kali giebt, wovon der reducirte Bor umschlossen wird. Nach beendigter Einwirkung des Kaliums erhält man eine graubraune Masse, aus welcher Wasser das borsaure Kali auszieht und den Bor zurückläßt. Auf diese Weise erhält man indeß nur eine geringe Menge Bor, im Vergleich mit der Menge des angewandten Kaliums, theils weil die Säure sehr viel Sauerstoff enthält, und theils weil sie zu diesem Versuche nicht absolut wasserfrei erhalten werden kann, indem sie während des Pulverns eine bemerkliche Menge Wassers aus der Luft anzieht. Dieses Wasser ist auch die Ursache der Heftigkeit der Feuererscheinung, welche bei der Zersetzung der Säure entsteht, und der

Gasentwickelung, die dabei immer statt findet. Mit geringerem Aufwande von Kalium erhält man Bor aus dem schwerlöslichen Salze, welches entsteht, wenn liquide Flufssäure in der Kälte mit Borsäure gesättigt und von dieser Flüssigkeit dann in eine Auflösung von flufssaurem Kali so lange eingetropft wird, als sich noch ein Niederschlag bildet. Das erhaltene Salz wird wohl ausgewaschen, und bei einer, der Glühhitze nahen Temperatur getrocknet. Man bringt es dann in einen kleinen Cylinder von Eisen, und vermengt es darin wohl mit einer gleichen Menge Kalium (oder genauer mit 29,4 Th. Kalium auf 31,3 Th. des trocknen Salzes). Um diese Mengung zu Stande zu bringen, erhitzt man die Eisenröhre, so dafs das Kalium flüssig wird, und arbeitet mit einem Stahldrathe die Salzmasse ein. Der Versuch kann auch in einer, an dem einen Ende verschlossenen, Glasröhre vorgenommen werden, aber man mufs dann immer befürchten, dafs zugleich auch Kieselerde aus dem Glase reducirt werde. Die Eisenröhre wird dann zum anfangenden Glühen erhitzt, wobei der Bor ohne alles hörbare Geräusch reducirt wird; die Masse besteht dann aus flufssaurem Kali und Bor. Beim Auflösen des ersteren im Wasser bleibt der Bor zurück. Nimmt man zu wenig Kalium, so bleibt ein Theil des Salzes unzersetzt, und es hält dann schwer, dasselbe vollkommen auszuwaschen, weil es im Wasser sehr schwerlöslich ist. Es ist daher am besten, etwas Kalium im Ueberschusse anzuwenden.

Der Bor wird auf diese Weise in Gestalt eines dunkelbräunlichen, etwas in's Grüne ziehenden Pulvers erhalten. Beim Auswaschen zeigt es gewöhnlich die Erscheinung, dafs, nachdem die erste Flüssigkeit, welche, nach den verschiedenen Operationsweisen, entweder borsaures oder flufssaures Kali enthält, abgeschieden ist, die hierauf durchgehende Flüssigkeit sich zu färben anfängt, so dafs endlich, wenn alles Salz weg ist, eine dunkelgelbe Auflösung durch's Filtrum geht. Dieſs ist eine Auflösung von Bor in Wasser. Man kann sie verhindern, wenn das Auswaschen mit einer verdünnten Salmiakauflösung, und zu-

letzt, zur Wegschaffung des Salmiaks, mit Alkohol geschieht. Die Auflösung von Bor im Wasser ist gelb, mit einem Stich in's Grüne; wird sie mit Salmiakauflösung vermischt, so trübt sie sich, und nach einer Weile fällt der Bor zu Boden. Wird sie zur Trockne verdampft, so hinterläfst sie den Bor als einen durchscheinenden, gelblichgrünen Ueberzug, der bei vollkommenem Austrocknen undurchsichtig wird, Sprünge bekommt, und zu einem gröblichen, dem des ungelösten Theiles des Bors vollkommen gleichenden Pulver zerfällt. Durch Erhitzen im luftleeren Raume, oder in nicht Sauerstoff haltenden Gasarten, verliert der Bor diese Art von Auflöslichkeit in Wasser. Bor ist ein Nichtleiter der Elektricität; ob er durch Reiben selbst elektrisch werden kann, ist nicht ausgemittelt. Er schmutzt stark an den Fingern ab. Er wird weder von kochendem Wasser, noch von Alkalien oder Säuren verändert, aufser von Salpetersäure und Königswasser, welche davon zersetzt werden, während sich Bor zu Borsäure auflöst. Wird Bor im luftleeren Raume oder in Gasarten, welche keine Wirkung darauf haben, bis zum Weifsglühen erhitzt, so erleidet er keine andere Veränderung, als dafs er zusammenschrumpft, an Farbe dunkler und um so viel dichter wird, dafs er in concentrirter Schwefelsäure untersinkt, was er zuvor nicht thut. Bor hat eine sehr kräftige Verwandtschaft zum Sauerstoffe. Er entzündet sich an der Luft bei einer etwas unter der des kochenden Baumöls liegenden Temperatur, verglimmt sehr lebhaft mit einem röthlichen Feuer, und wirft Funken wie Kohlenpulver. In Sauerstoffgas entzündet er sich noch leichter und verbrennt mit intensiver Hitze, und es zeigt sich dabei auf seiner Oberfläche eine schwache grünliche Flamme. Weder an der Luft noch im Sauerstoffgas brennt er vollkommen aus, weil die, durch die Verbrennung entstehende Borsäure schmilzt und endlich den Bor so umgiebt, dafs er nicht mehr mit dem Sauerstoffe in Berührung kommen kann. Man mufs ihn dann mit Wasser auswaschen, welches den unverbrannten Theil des Bors hinterläfst. Man glaubte Anfangs, der unverbrannte Theil

sei Boroxyd, aber ich habe nicht die geringste Verschiedenheit dieses Bors von andern finden können; er befindet sich indefs in demjenigen dichteren Zustande, in welchen er durch die Hitze versetzt wird. Mit Salpeter verpufft Bor beim anfangenden Glühen mit einer Heftigkeit, welche einer Explosion gleicht. Mit kohlensaurem Alkali gemengt und erhitzt, verbrennt er auf Kosten der Kohlensäure, es wird Kohle reducirt und die Masse davon geschwärzt. Wird Bor zu geschmolzenem kaustischen Alkali gesetzt, so entsteht ein Aufbrausen, es wird Wasserstoffgas entwickelt und der Bor auf Kosten des Wassers oxydirt. Wird der Versuch unterbrochen, so erhält man den nicht oxydirten Bor unverändert wieder, wenn das Alkali mit Wasser ausgezogen wird. Auf nassem Wege oxydirt sich Bor sehr leicht, wenn er mit Salpetersäure oder Königswasser digerirt wird. In allen diesen Fällen bildet sich Borsäure, die einzige bis jetzt bekannte Oxydationsstufe von Bor. Die Borsäure besteht aus Bor 31,19 und Sauerstoff 68,81.

Bor geht, soviel man bis jetzt weifs, keine bestimmte Verbindung mit Wasserstoff ein, aber nach Davy enthält das Wasserstoffgas, welches sich beim Uebergiefsen des mit einem Ueberschusse von Kalium reducirten Bors mit Wasser entwickelt, eine Spur von Bor, und Leopold Gmelin fand, dafs, wenn Boreisen in Salzsäure aufgelöst wird, man ein Wasserstoffgas erhalte, welches wie *Asa foetida* riecht, und welches, wenn es über Wasser mit Chlor gemengt wird, von Borsäure trüb und nebelig wird; aber es enthält nur sehr wenig Bor. Dieſs zeigt folglich, dafs es keine solche bestimmte chemische Verbindung mit Wasserstoff giebt, wie wir vorher bei den übrigen Matalloïden kennen gelernt haben; da man aber den Bor nicht als im Gase verdampft enthalten betrachten kann, so kann man wohl annehmen, dafs sein Borgehalt von einer, dem Wasserstoffgase beigemengten, ähnlichen bestimmten Verbindung herrühre.

Schwefelbor.

Mit Schwefel verbindet sich Bor, wenn er bis zum Weifsglühen in Schwefelgas erhitzt wird; er entzündet sich dann und brennt mit rothem Feuer, aber der Schwefelbor bedeckt gewöhnlich den unverbrannten Antheil, so dafs selten die Masse vollständig sich mit Schwefel verbindet. Da, wo dieſs geschehen ist, ist der Schwefelbor weifs und undurchsichtig. Das Meiste wird grau und hat fast dieselbe Farbe wie zuvor. Bor scheint sich in mehr als einem Verhältnisse mit Schwefel verbinden zu können. Das Schwefelbor, welches man erhält, wenn die verbrannte Masse noch so lange glühend erhalten wird, bis sich das Schwefelgas an kältere Theile condensirt hat, wird von Wasser mit heftiger Entwickelung von Schwefelwasserstoffgas zu einer klaren, Borsäure haltenden Flüssigkeit aufgelöst. Dasjenige dagegen, welches beim Entzünden im Schwefelgase aus dem Feuer genommen und folglich im Schwefelgase erkalten gelassen wird, giebt bei der Auflösung im Wasser, aufser Schwefel-Wasserstoffgas, Schwefel in der Art feiner Zertheilung, welche Schwefelmilch (*Lac sulphuris*) genannt wird, und welche eine chemische Abscheidung von Schwefel bei der Auflösung anzeigt. Man hat angegeben, Bor und Schwefel könnten zu einer grünlichen Masse zusammengeschmolzen werden; dieſs ist aber nur ein mechanisches Gemenge, von welchem der Schwefel mit Hinterlassung unveränderten Bors abdestillirt werden kann.

Es ist nicht gelungen, Bor mit Phosphor zu verbinden.

Chlorbor.

Frisch dargestellter Bor, der noch nicht im luftleeren Raume erhitzt worden ist, und noch nicht die durch die Hitze entstehende gröfsere Dichtigkeit angenommen hat, entzündet sich von selbst im Chlorgase und brennt mit Lebhaftigkeit, aber der dichtere Bor entzündet sich nicht darin ohne Hülfe äufserer Wärme. Das Product dieser Verbindung ist ein farbloses Gas, welches, wenn es mit der Luft in Berührung kommt, einen dicken Dampf

erzeugt. Dieses Gas wird am leichtesten auf die Weise dargestellt, dafs man mitten in einem Stücke einer Barometerröhre eine kleine Kugel ausbläst, in welche der Bor gelegt wird. Durch diese Röhre leitet man trocknes Chlorgas, und wenn alle atmosphärische Luft ausgetrieben ist, so erhitzt man den Bor gelinde. Er entzündet sich, und man fängt nun das Gas, welches über den brennenden Bor gestrichen ist, in dem Quecksilberapparate auf. Es enthält gewöhnlich Chlor im Ueberschusse, welches durch Schütteln mit Quecksilber weggeschafft wird. Dieses Gas wird von Wasser absorbirt, wenn aber das Gefäfs einen kleinen Durchmesser hat, so geschieht dieſs nicht in einem Augenblicke, weil das Gas vom Wasser zersetzt, und Salzsäure und Borsäure gebildet wird, welche letztere sich auf der Oberfläche der Flüssigkeit absetzt und das übrige Gas an der freien Berührung des Wassers hindert. Es ist auch in Alkohol auflöslich, welcher davon einen ätherartigen Geruch annimmt. Von Ammoniakgas wird es zu einem salzartigen flüchtigen Körper condensirt, der von einer Stelle des Gefäfses zur andern sublimirt werden kann. 1 Volum Chlorbor condensirt $1\frac{1}{2}$ Volum Ammoniakgas. Der dicke Dampf, welchen dieses Gas an der Luft erzeugt, entsteht durch die Zersetzung des Gases durch die Feuchtigkeit der Luft, indem Salzsäure und Borsäure entstehen, welche beide in diesem Falle ihre Gasform verlieren, so dafs ihre kleinsten Theilchen in der Luft schwimmen und sie nebelig und undurchsichtig machen. Da der Chlorbor das Wasser gerade in Salzsäure und Borsäure zerlegt, so mufs er aus 9,257 Th. Bor und 90,743 Th. Chlor bestehen.

Fluorbor. (Fluorborsäure).

Wird ein wasserfreies flufssaures Salz (ein Fluormetall) mit geschmolzener Borsäure vermischt und das Gemenge erhitzt, so entwickelt sich eine beständige Gasart, welches fluorborsaures Gas genannt wird. Ist Fluor, wie es wahrscheinlich zu sein scheint, ein Salzbilder, so oxydirt sich in diesem Falle das Metall auf Kosten der

Borsäure, und bildet mit einem andern Theile unzersetzter Borsäure ein borsaures Salz. Der reducirte Bor verbindet sich dann mit Fluor zu einem Gas, welches über Quecksilber aufgefangen werden muſs. Es hat so viele Eigenschaften einer kräftigen Säure, daſs ich es erst bei Beschreibung der Fluſssäure ausführlicher abhandeln will.

Verbindungen von Bor mit Jod und Kohlenstoff sind bis jetzt noch nicht bekannt.

10. Kiesel *) (*Silicium*).

Kiesel ist, nächst dem Sauerstoffe, der häufigste Bestandtheil unserer Gebirge. Er kommt auch, wiewohl nur in geringen Mengen, in der organischen Natur vor. In seinem isolirten Zustande ist er indessen noch nicht lange bekannt. Nachdem Davy entdeckt hatte, daſs die feuerbeständigen Alkalien Oxyde seien, glückte es mir, zu zeigen, daſs dieſs auch der Fall mit der Kieselerde sei, welche sich, mit Metallen, z. B. Eisen oder Kupfer, gemengt, von Kohlenpulver bei einer sehr hohen Temperatur reduciren lieſs, wobei Kieseleisen und Kieselkupfer erhalten wurde. Wenn sich das Kieseleisen in Salzsäure auflöste, so bildete sich zugleich unaufgelöst bleibende Kieselerde, und es wurde mehr Wasserstoffgas als von reinem Eisen entwickelt. Davy versuchte nachher Kiesel auf die Weise isolirt zu erhalten, daſs er durch glühende Kieselerde Dämpfe von Kalium leitete. Er erhielt dann eine Masse, welche, mit Wasser übergossen, Wasserstoffgas entwickelte und ein bräunliches Pulver abschied, welches indeſs, unter fortwährender Entwickelung von Was-

*) Da das Wort Kiesel nicht für sich allein, sondern nur als Zusatz gebraucht wird, wie z. B. Kieselerde, Kieselsteine u. s. w., so habe ich es für durchaus unrichtig gehalten, aus einer fremden Sprache ein Wort zur Bezeichnung des Radikales der Kieselerde zu entleihen. Wir verstehen folglich unter Kiesel den brennbaren Körper in der Kieselerde, und hieraus folgt ungezwungen Kieselsäure, kieselsaure Salze etc., statt des widerwärtigen: Siliciumsäure und siliciumsaure Salze.

serstoffgas, in wenigen Augenblicken von Wasser aufgelöst wurde, während die Flüssigkeit eine olivengrüne Farbe annahm. Ich habe nachher gefunden, daſs Kiesel auf zweierlei Arten erhalten werden kann: *a)* Wenn Kalium in gasförmiger flufssaurer Kieselerde (Fluorkiesel) erhitzt wird. Das Metall überzieht sich mit einer Kruste, die allmählich schwarz wird und endlich springt, wobei sich das Metall entzündet und mit rothem Feuer brennt. Das Product der Verbrennung ist eine schlackige, braune Masse, welche, in Wasser geworfen, mit Heftigkeit Wasserstoffgas entwickelt und ein dunkel leberbraunes Pulver abscheidet, welches nicht weiter vom Wasser verändert wird. Diese Materie ist Kiesel, mechanisch gemengt mit einem schwerlöslichen Salze, welches aus Flufssäure, Kieselerde und Kali besteht. Davy, so wie Thénard und Gay-Lussac, entdeckten, jeder von seiner Seite, diesen braunen Körper, da sie aber nicht das schwerlösliche Salz abschieden, so wurden sie veranlafst zu glauben, er sei eine Verbindung von Kiesel mit dem Radikale der Flufssäure, welche beim Verbrennen flufssaure Kieselerde hervorbringe, die indefs nur das Product von der Zersetzung des eingemengten Salzes durch die beim Verbrennen entstehende Hitze war. Dieses Salz kann jedoch vollkommen ausgewaschen werden, wiewohl diefs nur langsam zu bewirken ist. *b)* Das eben genannte schwerlösliche Salz, welches in grofser Menge mit Leichtigkeit erhalten werden kann, wenn man wässrige flufssaure Kieselerde mit Kali sättigt, wird wohl ausgewaschen und bei strenger, jedoch nicht zum Glühen reichender Hitze getrocknet, und dann mit $\frac{8}{10}$ bis $\frac{9}{10}$ seines Gewichts Kalium in einer Röhre von Eisen oder Glas vermengt (Platin wird davon sehr angegriffen), indem man das Kalium damit schmilzt und mit einem Eisendrathe sehr innig damit umrührt. Die Masse wird hierauf über einer Spirituslampe erhitzt, wobei sie, noch ehe sie von aufsen zu glühen angefangen hat, auf einmal glühend wird. Das Kalium verbrennt auf Kosten der Kieselerde und erzeugt eine leberbraune, zusammenhängende Masse, welche

ein Gemenge von flufssaurem Kali und Kieselkalium ist, und womit noch ein unzersetzter Antheil des angewandten Salzes vermengt sein kann. Man bringt sie in kaltes Wasser, wobei eine starke Entwickelung von Wasserstoffgas entsteht, die bald aufhört. Sie wird durch die Zersetzung von Kieselkalium durch das Wasser verursacht, indem sich das Kalium zu Kali oxydirt und der Kiesel sich abscheidet. Sobald das Aufbrausen beendigt und die Flüssigkeit klar geworden ist, wird sie abgegossen. Sie ist alkalisch von gebildetem Kali. Es wird frisches Wasser aufgegossen, und auch dieses, nachdem es klar geworden, abgehellt. Weder dieses, noch das zuerst aufgegossene Wasser, darf warm sein, weil das freie Alkali mit Hülfe von Wärme die Oxydation und Auflösung des Kiesels bewirkt. Hierauf wird dieser mit kochendem Wasser so lange ausgewaschen, als dieses noch etwas auszieht. Obgleich das erste Waschwasser alkalisch ist, so werden die letzteren sauer, so dafs sie Lackmuspapier röthen. Die Ursache hiervon ist die Auflösung des unzersetzten, schwerlöslichen Salzes, welches die Eigenschaft hat, Lackmuspapier zu röthen. — Je weniger Kalium man nimmt, um so mehr hat man von diesem Salze auszuwaschen und um so langsamer geht das Auswaschen vor sich. Um die Kieselerde in 10 Th. Salz zu zersetzen, sind 7 Th. Kalium nöthig, man mufs aber noch etwas mehr zusetzen, welches sich mit dem Kiesel verbinden soll. Nimmt man einen grofsen Ueberschufs von Kalium, so wird ein Kieselkalium gebildet, welches sich ganz und gar im Wasser auflöst.

Man kann auch durch Glühen von Kieselerde mit Kalium Kiesel reduciren, man erhält aber dann nur sehr wenig und unreinen Kiesel. Der gröfste Theil löst sich mit dem Kalium im Wasser auf, das Waschwasser wird grünlich und der Kiesel ist mit einer unlöslichen Verbindung von Kieselerde und Kali und mit unzersetzter Kieselerde vermengt.

Kiesel, so wie er nach dem Auswaschen und Trocknen erhalten wird, ist ein dunkelbraunes Pulver, das dem

Bor so ähnlich ist, dafs man sie wohl schwerlich dem Aeufsern nach von einander unterscheiden kann. Indefs ist es doch etwas dunkler an Farbe und brauner. Er ist ein Nichtleiter der Elektricität; ob er durch Reiben elektrisch werden kann, konnte nicht ausgemittelt werden. Er färbt stark ab, so dafs er sich im trocknen Zustande an Finger und alles, was er berührt, stark anhängt. Er kann nicht geschmolzen werden und hat mit der Kohle und dem Bor die Eigenschaft gemein, bei einer höheren Temperatur zusammenzuschrumpfen, dichter, schwerer und an Farbe dunkler zu werden. Er verändert seine Eigenschaften in bedeutenderem Grade als Kohle und Bor, so dafs ich den Kiesel, vor und nach Einwirkung einer höheren Temperatur, besonders beschreiben mufs. Kiesel vor dem Erhitzen ist an der Luft ziemlich leicht entzündlich und brennt mit grofser Lebhaftigkeit. Dabei verbrennt jedoch nicht mehr als ungefähr $\frac{1}{7}$, das Uebrige wird von der neugebildeten Kieselerde geschützt. Der, auf diese Art verbrannte Kiesel hat wenig seine Farbe verändert, er ist nur etwas heller geworden. In Sauerstoffgas brennt er mit noch gröfserer Lebhaftigkeit; aber auch dann bleiben bis zu $\frac{3}{5}$ vom Kiesel unverbrannt. Bei der Verbrennung in Sauerstoffgas wird, selbst wenn der Kiesel zuvor im luftleeren Raume bis nahe zum Glühen erhitzt worden war, und also kein Wasser mehr enthalten kann, eine Portion Wasser gebildet, und es wird auf dem verbrennenden Kiesel eine schwache, blaue Flamme sichtbar. Es geht hieraus hervor, dafs er etwas Wasserstoff enthält, welcher sich, wenn das Kieselkalium vom Wasser zersetzt wird, mit dem Kiesel statt des Kaliums verbindet. Weder von Schwefelsäure, noch Salpetersäure, und auch nicht von einem Gemenge von Salpetersäure mit Salzsäure, wird er, selbst nicht, wenn diese damit gekocht werden, aufgelöst oder oxydirt. Dagegen wird er mit Entwickelung von Wasserstoffgas, und selbst in der Kälte, von liquider Flufssäure und von einer concentrirten Auflösung von kaustischem Kali mit Hülfe der Wärme aufgelöst. Kiesel nach dem Erhitzen, z. B. solcher, wel-

welcher erhalten wird, wenn Kiesel gebrannt hat und die gebildete Kieselerde mit Flufssäure ausgezogen wird, ist dunkelchokoladenbraun, sinkt in concentrirter Schwefelsäure unter, ist sowohl an der Luft als in Sauerstoffgas vollkommen unentzündlich, wird nicht in der Löthrohrflamme verändert, nicht, wenn auf ihn im glühenden Zustande chlorsaures Kali gestreut wird, und verbrennt nicht, wenn er mit Salpeter zum gelinden Glühen erhitzt wird. Flufssäure und eine Auflösung von kaustischem Kali wirken, selbst im Kochen, nicht darauf; er wird aber äufserst leicht von einem Gemenge von Flufssäure und Salpetersäure, unter Entwickelung von Stickstoffoxydgas, aufgelöst. Dieses verschiedene Verhalten gleicht z. B. demjenigen der leichtentzündlichen Kohle, welche nach unterdrückter Verbrennung von Leinen entsteht, und welche von den Funken des Feuerstahls entzündet wird, und der schwer zu verbrennenden Kohle der Coaks oder der Holzkohlen, welche, nachdem sie der Hitze des Hohofens ausgesetzt waren, herunter in die Form fallen. Man kann den Kiesel in diesem Zustande erhalten, ohne ihn der Verbrennung zu unterwerfen, wenn Kiesel in einem kleinen bedeckten Platintiegel, der mehr als zur Hälfte damit angefüllt sein mufs, zuerst sehr langsam und mit aufgelegtem Deckel erhitzt wird, wobei zuerst der Wasserstoff durch den Luftwechsel, welcher zwischen dem Deckel des Tiegels statt findet, verbrennt, und dann bis zum vollen Weifsglühen erhitzt wird, das eine Weile anhalten kann. Hierauf zieht man die, den Kiesel verunreinigende Kieselerde mittelst Flufssäure aus, und es bleibt dann nach dem Auswaschen der Kiesel rein zurück. Wird der Kiesel nach einer solchen Glühung mit Flufssäure behandelt, so überzieht sich die Flüssigkeit mit einer glänzenden Haut, die jeden herausfallenden Tropfen umgiebt Diese Haut besteht aus Kiesel, welcher sich über die Oberfläche der Flüssigkeit ausbreitet, und wenn man sie wegnimmt, so bildet sich bei der geringsten Bewegung sogleich wieder eine neue. Wird Kiesel auf ein Filter genommen und gewaschen, so bleibt nach dem Trocknen viel

davon auf dem Papiere hängen, den man wieder erhalten kann, wenn das Papier zu Asche verbrannt und die Asche zuerst mit Wasser und dann mit Flufssäure gewaschen wird.

Der Kiesel hat eine grofse Verwandtschaft zum Sauerstoffe, sie wird aber erst bei sehr hoher Temperatur wirksam. Bis jetzt kennen wir davon nur ein einziges Oxyd, die Kieselerde, welche, ihrer Eigenschaften wegen, richtiger Kieselsäure heifsen mufs. Um Kiesel vollkommen zu oxydiren, mengt man ihn mit trocknem kohlensauren Kali oder Natron und erhitzt das Gemenge. Bei geringen Mengen desselben brennt es auf Kosten der Kohlensäure bei einer Temperatur, welche noch weit unter der Glühhitze liegt, mit grofser Lebhaftigkeit ab, es wird Kohlenoxydgas entwickelt, und die übrigbleibende Masse ist von reducirter Kohle schwarz gefärbt. Je mehr man kohlensaures Alkali anwendet, um so stärkere Hitze ist zur Entzündung erforderlich, und um so schwächer wird die Feuererscheinung, so dafs, wenn man viel kohlensaures Alkali gewonnen hat, gar kein Feuer entsteht, die Masse nicht schwarz, und nur Kohlenoxydgas entwikkelt wird. Das Product dieser Verbrennung ist kieselsaures Kali oder Natron. Geschmolzner Salpeter wirkt nicht auf Kiesel, aber beim Glühen entsteht eine geringe und langsame Gasentwickelung, die von einer anfangenden Oxydation des Kiesels herzurühren scheint; setzt man dann etwas wasserfreies kohlensaures Alkali zu, so verpufft der Kiesel sogleich auf Kosten desselben. Diese paradoxe Erscheinung, dafs Kiesel, von glühendem salpetersauren Kali umgeben, das mit so grofser Heftigkeit den gröfsten Theil der übrigen brennbaren Körper verbrennt, auf Kosten von kohlensaurem Kali, auf welches so wenige Körper wirken, verbrennt, ist auf folgende Art zu erklären: die Verwandtschaft des Kiesels zum Sauerstoff wird durch die Gegenwart eines Alkali's wirksam, womit sich die Kieselsäure verbinden kann, gleich wie sich der Zink durch die Gegenwart einer Säure, womit sich das Zinkoxyd verbinden kann, auf Kosten des Wassers oxydirt. Die Kohlensäure ist eine so schwache Säure, dafs sie nicht

die Wirkung des Alkali's in dieser Hinsicht verhindert, und da Kiesel eine viel gröfsere Verwandtschaft zum Sauerstoffe hat, als Kohlenstoff, so oxydirt er sich auf Kosten der Kohlensäure. Die Salpetersäure dagegen ist eine starke Säure, welche durchaus diese Wirkung des Alkali's im Salpeter auf den Kiesel verhindert, dessen Anziehung zum Sauerstoffe bei dieser Temperatur noch unwirksam ist. Erhitzt man aber das Gemenge von Kiesel und Salpeter zum vollen Weifsglühen, so verbrennt es, mit ungewöhnlicher Heftigkeit, auf Kosten der Salpetersäure. Der Kiesel verbrennt auch mit Feuererscheinung auf Kosten des Wassers, welches in den geschmolzenen kaustischen Alkalien und in mehreren flufssauren Alkalien enthalten ist; er verändert aber weder die Borsäure noch das borsaure Natron, wenn er damit geschmolzen wird. Die Kieselsäure besteht aus 48,02 Kiesel und 51,98 Sauerstoff.

Schwefelkiesel.

Wird Kiesel bis zum Weifsglühen in Schwefelgas erhitzt, so entzündet er sich und brennt mit einem rothen Feuer, und dieſs geht auch mit solchem, welcher sich nicht mehr in Sauerstoffgas entzünden läfst. Die Verbindung geht, wie die mit Sauerstoff, nur unvollständig vor sich, und ein Theil wird von dem schon verbrannten vor weiterer Verbrennung geschützt. War die Verbrennung vollständig, so erhält man eine weifse, erdige Masse, welche nicht von trockner Luft verändert, und auch beim Glühen nur langsam unter Entwickelung schweflichter Säure zersetzt wird. Von Wasser wird sie dagegen sehr schnell zersetzt. Die geringste Feuchtigkeit in der Luft entwickelt daraus den Geruch von Schwefel-Wasserstoffgas, und in Wasser geworfen, wird sie vollständig mit starker Entwickelung von Schwefel-Wasserstoffgas aufgelöst. Die Kieselsäure, welche sonst in Wasser unauflöslich ist, behält sich nun aufgelöst. Es setzt sich kein Schwefel ab, woraus also hervorgeht, dafs der Kiesel gerade so viel Wasserstoff entwickelt, als nöthig

ist, um mit dem Schwefel Schwefelwasserstoff zu bilden. Der Schwefelkiesel besteht folglich aus 30 Th. Kiesel und 70 Th. Schwefel. Der mit Schwefel nicht vollkommen gesättigte Kiesel hat eine aschgraue Farbe, verhält sich aber im Uebrigen wie der vorige, mit dem Unterschiede, dafs er bei der Auflösung im Wasser den noch freien Kiesel ungelöst zurückläfst.

Kiesel konnte nicht mit Phosphor verbunden werden.

Chlorkiesel.

Wird Kiesel in einem Strome von Chlorgas erhitzt, so entzündet er sich und brennt. Wird das, über den Kiesel gegangene Gas in eine abgekühlte Vorlage geleitet, so wird der Chlorkiesel als eine gelbliche Flüssigkeit condensirt, deren Farbe jedoch von absorbirtem Chlorgase herzurühren scheint. Diese Flüssigkeit ist sehr flüchtig, hat einen saueren stechenden Geruch, der, wie das Cyangas, die Schleimhaut der Nase und die Augen reitzt; sie raucht stark an der Luft, von deren Feuchtigkeit sie in Salzsäure und Kieselsäure zersetzt wird. Sie röthet ein Stück eingetauchtes Lackmuspapier noch weit über der eingetauchten Stelle. In Wasser getropft, fliefst sie oben auf; grofsentheils wird sie davon aufgelöst, setzt aber doch etwas Kieselerde als Gelée ab. Wird ein Tropfen Chlorkiesel von einem Tropfen Wasser berührt, so fliefst ersterer um letzteren herum, es entwickelt sich salzsaures Gas und der Wassertropfen gelatinirt von Kieselsäure. Kalium wird davon nicht verändert, werden sie aber zusammen erhitzt, so verwandelt sich die Flüssigkeit in Gas, worin sich das Kalium, wenn es eine höhere Temperatur erlangt hat, entzündet und verbrennt. Man erhält Kieselkalium und Chlorkalium (salzsaures Kali). Wenn Kiesel in Chlorgas verbrennt, so bleibt die Kieselsäure, womit er verunreinigt sein konnte, zurück. Ist der Kiesel rein und das Chlorgas frei von atmosphärischer Luft, so bleibt kein Rückstand. Der Chlorkiesel besteht aus 17,3 Kiesel und 82,7 Chlor.

Es glückte nicht, Kiesel mit Jod zu verbinden.

Fluorkiesel.

Kiesel verbindet sich mit Fluor (oder Kieselsäure mit Flufssäure), wenn er in Berührung mit Flufssäure kommt. Man erhält diese Verbindung in Gestalt eines nicht coërciblen Gases, wenn Flufsspath (ein Mineral, welches aus Flufssäure und Kalk besteht) mit Schwefelsäure und Kieselsäure gemengt und das Gemenge erhitzt wird. Das Gas fängt man über Quecksilber auf. Es hat, wie das Fluorborgas, Charaktere einer Säure, und soll unter diesen näher beschrieben werden.

Kohlenstoffkiesel.

Wird Kiesel mit solchem Kalium reducirt, welches durch Glühen von kohlensaurem Kali mit Kohle erhalten und durch Schmelzen gereinigt worden ist, so bekommt man ein Gemenge von Kiesel mit Kohlenstoffkiesel. Es ist etwas dunkler als gewöhnliches Kiesel und giebt beim Verbrennen kohlensaures Gas. Der Kohlenstoffkiesel ist so zusammengesetzt, dafs die Kieselsäure, welche gebildet wird, eben so viel wiegt, wie der verbrannte Kohlenstoffkiesel. Der unverbrannte Theil wird dabei immer kohlenfreier Kiesel.

Kiesel verbindet sich auch mit den Metallen, aber nur wenn in dem Augenblicke, in dem er frei wird (im *status nascens*), ein Metall zu seiner Aufnahme gegenwärtig ist. Einmal isolirt, verbindet er sich nicht mehr mit ihnen. Platin z. B. ist einer von denjenigen Körpern, welche sich sehr begierig mit Kiesel verbinden; aber Kiesel kann ohne Nachtheil in einem Platintiegel bis zum stärksten Weifsglühen erhitzt werden. Wird dagegen der Kiesel in einem Platintiegel reducirt, so verbindet sich das Platin bis tief in seine Masse mit Kiesel.

Die Metalloïde mit Sauerstoff und mit Wasserstoff, ihre Oxyde, Sauerstoffsäuren und Wasserstoffsäuren.

Die Atmosphäre *).

Unter der Atmosphäre oder dem Dunstkreise unserer Erde verstehen wir eine Schicht von gasförmigen Körpern, welche die Oberfläche der Erdkugel umgiebt und aus solchen Stoffen besteht, denen es an hinlänglicher Cohäsionskraft fehlt, um feste oder tropfbarflüssige Gestalt anzunehmen, und die durch ihre Vereinigung mit Wärmestoff der Einwirkung der Schwerkraft und anderer mechanischer Kräfte, — die sie in festere Gestalt zu versetzen suchen, — widerstehen. Sie werden blofs durch die Anziehungskraft der Erdmasse zurückgehalten, und würden sich, wenn diese nicht wäre, in das Unendliche ausbreiten. Daher sind sie auch zunächst der Erdoberfläche, wo die Anziehungskraft am stärksten ist, am dichtesten, und nehmen je höher, desto mehr an Dichtheit ab, so dafs sie sich endlich in einem luftleeren Raume endigen.

Man war lange nicht über die Begränzung der Atmosphäre einig. Zwar hatte de Laplace aus den Gravitationsgesetzen zu beweisen gesucht, dafs die Atmosphäre sich nicht in's Unendliche erstrecken könne, aber die bündigsten Beweise dagegen verdanken wir Wollaston. Wenn das Weltall mit einer aufserordentlich dünnen atmosphärischen Luft gefüllt sein sollte, so müfsten die darin befindlichen Weltkörper, jeder rings um sich, einen Theil davon condensiren, der seiner Masse und Attractionskraft proportional wäre, und mithin müfs-

*) Wenn ich unter dieser Ueberschrift die Atmosphäre anführe, so ist es nicht meine Meinung, die Luft als eine chemische Verbindung von Sauerstoff und Stickstoff zu betrachten; ich finde aber keine Stelle, wo ihre Beschreibung besser hinpafste, als gerade neben dem Wasser, welches sogleich darauf folgt.

ten, in unserem Planetensystem, die Sonne, Jupiter und Saturn mit weit gröfseren Atmosphären umhüllt sein, als die Erde. Wollaston hat aber, bei dem Gange des Planeten Venus der Sonnenscheibe vorüber, gar keine solche Refraction beobachten können, die statt finden müfste, wäre die Sonne von einer gasförmigen, an Dicke zunehmenden Hülle wirklich umgeben. Auch die Beobachtungen von den Finsternissen der Jupitersmonde zeigen zur Genüge, dafs Jupiter mit keiner atmosphärischen Refraction umgeben ist, wodurch also erhellet, dafs die Atmosphäre eine Eigenthümlichkeit unserer Erde ist, und daher bestimmte scharfe Gränzen haben mufs.

Wie hoch die Atmosphäre hinauf reiche, läfst sich nach dem Barometerstande und nach den bekannten Verdichtungs-Gesetzen berechnen; man nimmt ihre Höhe nach einer Mittelzahl zu $9\frac{2}{3}$ geographischen Meilen an. Ihre Gestalt ist, wie die der Erdkugel, sphäroidisch; aber der, durch ihren Aequator gehende Durchmesser ist im Verhältnifs gegen ihre Axe weit gröfser, als es bei der Erde der Fall ist, weil die Erwärmung des mittleren Theils der Erdkugel die Luft hier verdünnt, und zwischen den Wendekreisen einen emporsteigenden Strom bildet, welcher von den Polen aus in gleichem Maafse wieder ersetzt wird.

Die Atmosphäre hat, wie das Meer, Ebbe und Fluth, die durch Einfluss der Sonne und hauptsächlich des Mondes erzeugt wird, jedoch am Barometer nicht wahrgenommen werden kann, weil die erhöhte Luftsäule von der Anziehungskraft des Mondes getragen wird. Zwischen den Wendekreisen hat die Atmosphäre zugleich eine tägliche Ebbe und Fluth, die auf das Barometer wirkt. Die Luft wird nämlich jeden Tag von 4 Uhr des Morgens an immer schwerer und schwerer, erhält sich so bis um 12 Uhr; wird dann wieder nach und nach leichter bis 4 Uhr Nachmittags, nimmt hernach bis 10 Uhr Abends wieder an Schwere zu, bleibt so bis 12 Uhr des Nachts stehen, und wird endlich bis 4 Uhr des Morgens wieder leichter. Jedoch sind die Verminderungen

bei Nacht nur halb so groſs, wie die am Tage. Die Ursache davon liegt aller Wahrscheinlichkeit nach in der ungleichen Erwärmung der Atmosphäre, wodurch über denjenigen Theilen des Erdbodens, welche am stärksten erwärmt werden, ein steter aufsteigender Strom von erwärmter Luft unterhalten wird; dieſs ist am Tage zwischen 10 Uhr und 4 Uhr der Fall, wo die Atmosphäre auf der entgegengesetzten Erde, welche Nacht hat, in derselben Gestalt erhalten werden muſs.

Die Stoffe, aus welchen die Atmosphäre zusammengesetzt ist, können sehr mannigfaltig, und auf vielerlei Weise verschieden sein. Ihrer Hauptbestandtheile sind indessen nur vier, nämlich Stickstoffgas, Sauerstoffgas, Wassergas und kohlensaures Gas, wovon die beiden ersteren so wenig veränderlich sind, daſs man sie mit vollem Rechte als in einem unveränderlichen Verhältnisse beigemengt betrachten kann. Man hat bei aërostatischen Versuchen mehrere 1000 Klaftern über der Erdoberfläche, ferner auf hohen Bergen, in Thälern, unter der Mittagslinie und in der Nähe der Pole Luft aufgefangen, und sie allenthalben von einerlei Zusammensetzung gefunden. — Ihr Gehalt an Wassergas hingegen ist, je nach der verschiedenen Temperatur der Luft und je nachdem die Erdoberfläche mehr oder weniger Feuchtigkeit enthält, äuſserst veränderlich; die Menge des kohlensauren Gases aber verändert sich nach den Jahreszeiten, und nachdem durch Thiere, Pflanzen und durch das Verbrennen mehr oder weniger davon entwickelt wird. Die atmosphärische Luft besteht aus $78\frac{999}{1000}$ Theilen Stickstoffgas, 21 Theilen Sauerstoffgas, und etwa $\frac{1}{1000}$ kohlensaurem Gas, nach dem Volumen gerechnet.

Jeder Cubikzoll atmosphärischer Luft wiegt nach einer Mittelzahl 0,4681 Gran oder nicht ganz $\frac{1}{2}$ Gran; die Luft ist folglich über 770 mal leichter als das Wasser, und die Erdoberfläche wird von derselben mit gleicher Kraft gedrückt, als wenn sie von einer 76 Centimeter (=28 Zoll $\frac{9}{10}$ Linie altfranzösisches Maaſs) hohen Schicht Quecksilber bedeckt wäre. Dieser Luftdruck verursacht die

Erscheinung, welche die Alten durch den Abscheu vor dem leeren Raume erklärten. Es wird nämlich dadurch Wasser oder Quecksilber in einer umgestürzten Flasche erhalten, wenn die Oeffnung derselben eng genug ist, oder unter die Oberfläche eines flüssigen Stoffes gesenkt wird. Ist aber ein solches Gefäfs so hoch, dafs die darin eingeschlossene Wasser- oder Quecksilbersäule mehr wiegt, als eine gleich starke Säule Luft von der Höhe der ganzen Atmosphäre, so sinkt dieselbe so weit nieder, bis sie mit der entgegenwiegenden Schwere des Luftkreises in's Gleichgewicht kommt. Wenn man z. B. eine 30 Pariser Zoll lange Glasröhre mit Quecksilber füllt, sie sodann umwendet und das untere offene Ende in Quecksilber stellt; so sinkt das Quecksilber in der Röhre bis zu 28 Zoll $\frac{9}{10}$ Linien herab, und läfst einen leeren Raum von 1 Zoll $\frac{1}{10}$ Linien. Daraus entstand das Barometer, ein Werkzeug, womit sich durch die abwechselnde Höhe der Quecksilbersäule die Veränderung des Luftdrucks bestimmen läfst. —

Jeder Quadratfufs der Erdoberfläche trägt bei 76 Centimeter oder 336,9 Pariser Linien Barometerhöhe ein Gewicht von $2216\frac{2}{3}$ Pfund, welches bei jeder Linie, um welche das Barometer steigt oder fällt, um 6,5795 oder ungefähr $6\frac{9}{10}$ verändert wird.

Die specifischen Gewichte der in der Luft enthaltenen Gasarten sind, wenn man das Gewicht der Luft $=1{,}000$ annimmt, folgende: das Stickstoff wiegt 0,96913; das Sauerstoffgas 1,1026; das kohlensaure Gas 1,526; das Wassergas 0,62. Dem zufolge müssen die Verhältnisse dieser Gasarten, dem Gewichte nach, sein: Stickstoffgas 75,55; Sauerstoffgas 23,32; Wassergas (nach der Wassergehalts-Capacität der Luft bei ihrer Mitteltemperatur von $+10°$ berechnet) 1,03, und Kohlensäuregas 0,10. — Der Druck, welchen jede dieser Gasarten für sich bei 76 Centimeter oder 336,9 Pariser Linien Barometerstande auf die Quecksilbersäule ausübt, entspricht folgenden Barometerhöhen:

das Stickstoffgas	= 57,4180	Centim.	od.	254,52795	p. L.
— Sauerstoffg.	= 17,7232	—	—	78,56508	—
— Wassergas	= 0,7828	—	—	3,47007	—
— kohlens. Gas	= 0,0760	—	—	0,33690	—
	76,0000	—	—	336,90000	—

Das absolute Lichtbrechungs-Vermögen der Luft ist: 0,0005891712, und ihr relatives wird zu 1,000 angenommen. Die specifische Wärme nimmt man, bei der Vergleichung mit Gasarten, ebenfalls zu 1,00 an; mit der specifischen Wärme eines gleichen Gewichts Wasser aber verglichen, beträgt sie 0,2669. Bei Verdünnung der Luft wird ihre Wärme-Capacität nach einem noch nicht ausgemittelten Verhältnisse erhöht, was jedoch, so viel man jetzt gefunden hat, mit der Verdünnung nicht proportional zu sein scheint.

Die Luft ist höchst elastisch; sie kann so zusammengedrückt werden, daſs die stärksten Werkzeuge sie nicht mehr einzuschlieſsen vermögen, ohne daſs sie deshalb ihre Spannkraft und Gasgestalt einbüſst; eben so läſst sie sich bis in's Unendliche verdünnen. Dabei verhält sich ihre Elasticität, oder richtiger ihre Ausdehnungs- (Expansions-) Kraft umgekehrt, wie ihr Volumen, d. h. das Vermögen der Luft, sich auszudehnen, nimmt in demselben Verhältnisse zu, in welchem ihr Volumen beim Zusammendrücken abnimmt, oder vermindert sich in demselben Maaſse, als dieses beim Ausdehnen gröſser wird. (Mariotte's Gesetze.) — Das Werkzeug, womit man die Veränderungen der Dichtheit der Luft miſst, heiſst ein Manometer. — Eine Luftpumpe hingegen ist ein Instrument, womit man die Luft aus dazu eingerichteten Gefäſsen auspumpen kann. Man kann damit keinen völlig luftleeren Raum hervorbringen, sondern nur die Luft bis in's Unendliche verdünnen. In der Barometerröhre ist das obere leere Ende ein vollkommen luftleerer Raum: man pflegt ihn, nach dem Erfinder des Barometers, die Torricellische Leere zu nennen.

Die Luft wird durch die Wärme von 0° bis +100° etwas weniges über $\frac{1}{3}$ ihres Volumens ausgedehnt, so

dafs 100 Cubikzoll 0° warme Luft, wenn sie bis zu + 100° erhitzt werden, 137,5 Cubikzoll einnehmen; oder die Luft dehnt sich auf jeden Thermometergrad um 0,0375 ihres Volumens bei 0° gemessen aus, und diese Ausdehnung bleibt sich bei allen Graden vollkommen gleich, wie ich schon bei der Beschreibung des Thermometers angeführt habe. Nach H. Davy's Versuchen gilt dieſs auch für die Fälle, wenn die Luft zusammengedrückt oder verdünnt ist. Die erwärmte und ausgedehnte Luft wird leichter, steigt in die Höhe und wird von kälterer und dichterer Luft ersetzt, so lange die Erwärmung fortdauert, wodurch ein aufsteigender Strom oder Zug über der erwärmten Stelle entsteht.

Die Temperatur des Luftkreises ist zunächst der Erde am wärmsten, weil die Luft, als Lichtleiter, die Lichtstrahlen nicht zerlegen, und daher durch sie nicht erwärmt werden kann, bevor nicht der Wärmestoff auf der undurchsichtigen Oberfläche des Erdbodens ausgeschieden worden ist. Die dadurch erwärmte Luft steigt empor, mischt sich aber allmählich wieder mit der oberen kälteren Luft und wird dadurch abgekühlt. Daher findet man die Atmosphäre desto kälter, je höher man kommt, so dafs ihre Temperatur einige tausend Klafter über der Erdoberfläche, selbst im wärmsten Sommer, tief unter den Gefrierpunkt herabsinkt. Dieſs muſs auch, wiewohl in weit ansehnlicherer Höhe, über dem Aequator der Fall sein, und die Wärme der Luft muſs hier in der Höhe, wo die dichteren Regionen der Luft aufhören, völlig eben so gering, als unter den Polen sein. Daher schmilzt auch der Schnee auf hohen Bergen nicht, selbst wenn diese unter der Linie liegen, und solche Berge stellen im Kleinen Landstriche von gleichem Clima und Naturproducten dar, wie sie die Natur von der Linie bis zu den Polen im Groſsen aufstellt.

Ich habe schon oben bemerkt, dafs die verschiedenen Wärmegrade des Sommers und Winters im Ganzen in der Stellung der Erde gegen die Sonne ihren Grund haben; allein die unregelmäſsigen Abwechselungen in der

Kälte des Winters und der Wärme des Sommers, beruhen auf anderen Ursachen. Eine der hauptsächlichsten davon ist der Wind. Bei Mittagswind ist in Schweden der Sommer wärmer und der Winter milder, als er aufserdem (im Verhältnifs der geographischen Breite des Landes) bei vollkommener Windstille sein würde, weil eine wärmere Luft aus den mittäglichen Landstrichen herbeiströmt und die Erdoberfläche erwärmt, während sie selbst nach und nach abgekühlt wird. Bei Windstille ist der Winter kälter; noch kälter aber bei Nordwind, wo die Kälte bisweilen bis zum höchsten Grade ansteigt, den sie in diesem Clima erreichen kann, weil eine kältere Luft von den Polen herwehet. — Zu den kleineren Temperatur-Veränderungen tragen verschiedene chemische Prozesse im Luftkreise bei, z. B. Verdunstung, Regen, Hagel, Nebel u. d. m., welche wieder mit Umständen zusammenhängen, die auf das Barometer wirken, und den Luftkreis an gewissen Stellen bald schwerer, bald leichter machen, wodurch das Barometer zu einem einigermafsen zuverlässigen Witterungs-Anzeiger wird. — Alle diese Umstände sind indessen bei weitem noch nicht bis zur Zuverlässigkeit ausgemittelt.

Wenn das Gleichgewicht der Luft durch ungleiche Erwärmung der Atmosphäre auf einzelnen Stellen unterbrochen wird, so entsteht Luftzug, Sturm oder was wir überhaupt Wind nennen. Zu ihrer Entstehung können aber wohl noch mehrere Ursachen mitwirken, die uns noch nicht hinreichend bekannt sind.

Die Winde sind theils regelmäfsige, theils unregelmäfsige. Jene findet man zwischen den Wendekreisen; diese herrschen zwischen letzteren und den Polen. Die regelmäfsigen Winde bestehen hauptsächlich aus einem unausgesetzt wehenden Ostwinde, welcher dadurch entsteht, dafs die vom mittleren Theile der Erdoberfläche unablässig emporsteigende warme Luft durch kältere ersetzt wird, welche von den Polen herbeiströmt, jedoch nicht dieselbe Umschwungs-Schnelligkeit besitzt, als diejenigen Stellen der Erdoberfläche haben, zu welchen sie

hinweht. Sie bleibt daher zurück, und macht gegen die, sich schneller umschwingenden Erhöhungen der Erdoberfläche eine Art von Widerstand. — Diese Ostwinde wehen durch einen Theil des Jahres mehr nördlich, im andern mehr südlich, je nachdem sich die Sonne dem südlichen oder nördlichen Wendekreise mehr nähert. Hierdurch entstehen auf dem Meere die sogenannten Passatwinde, die ein halb Jahr lang in einer Richtung, das andere halbe Jahr hindurch aber in entgegengesetzter wehen. Diese beruhen einzig und allein auf dem Abprallen des regelmäfsigen Ostwindes an den erhöhten Landküsten.

Einen deutlichen Beweis, dafs diese regelmäfsigen Winde hauptsächlich von der ungleichen Erwärmung der Luft entspringen, liefern die sogenannten Land- und Seewinde auf den im grofsen Weltmeere, zwischen den Wendekreisen gelegenen Inseln. Weil nämlich das Land am Tage stärker als das Meer erwärmt wird, welches den gröfsten Theil der Lichtstrahlen wieder zurückwirft; so steigt die warme Landluft fortwährend empor, und die kältere Seeluft weht von allen Seiten auf die Inseln ein, in deren Mittelpunkte der Wind sein Ende erreicht. Bei Nacht hingegen, wo die unebene Oberfläche des Erdbodens schneller erkaltet, als der Spiegel des Meeres, weht die Luft in umgekehrter Richtung, und die abgekühlte Landluft strömt auf allen Seiten nach dem Meere aus, wo sie sich allmählich verliert. Diese Winde sind daher an den Meeresufern am stärksten. — Eine weitere Erklärung dieser Erscheinung unterlasse ich, weil sie auf aërostatischen Gesetzen beruhet.

Aufserhalb den Wendekreisen sind die Winde unregelmäfsig, wehen nach allen Himmelsgegenden, und sind bald heftig, bald kaum merklich. Es ist bis jetzt noch gänzlich unbekannt, wie diese unaufhörlichen Abweichungen von den allgemeinen Gesetzen der Jahreszeiten und Witterung entstehen können. Unsere Vermuthungen darüber geben durchaus keine hinreichende Aufklärung. — Verschiedene Landwinde, welche schädlichen Einfluſs auf die Gesundheit haben, z. B. der Harmattan auf der West-

küste von Afrika, besonders am Senegal, der Sirocco in Italien und auf Sicilien, der Chamsin oder Samum in Egypten, sind ihrer chemischen Natur nach noch gar nicht untersucht. Der erstere von diesen Winden kommt aus den Wüsten Afrika's, und führt eine Menge Staub mit sich, der, wenn der Wind sich gelegt hat, eine Linie dick den Erdboden bedeckt; dasselbe thut auch der Chamsin, der zugleich der Luft ein röthliches Ansehen und einen eigenthümlichen Geruch mittheilt. Menschen und Thiere sollen darin sterben, und nur dann der Lebensgefahr entgehen, wenn sie sich mit dem Gesichte auf die Erde niederlegen. Was den italienischen Sirocco betrifft, so ist dieser nur ein ungefähr $+34°$ warmer, mit Feuchtigkeit gesättigter Wind, durch welchen Menschen und Thiere insofern leiden, als sie sich nicht durch Verdunstung abkühlen können, weil die Luft keine Wasserdämpfe mehr aufzunehmen vermag. Er kommt immer aus Afrika, und wird bei seinem Uebergange über das Mittelmeer mit Wasser geschwängert.

Das Verbrennen in atmosphärischer Luft.

Wenn man brennbare Körper in der atmosphärischen Luft bis zu einem gewissen Grade erhitzt, so entzünden sie sich und brennen, wobei die Luft ihr Sauerstoffgas verliert und der Stickstoff zurückbleibt. Beim Verbrennen bildet die erhitzte und ihres Sauerstoffgases beraubte Luft einen aufwärts steigenden Strom, und wird fortwährend durch den Zutritt kälterer Luft von unten wieder ersetzt. Ohne diesen Umstand würde das Verbrennen nach wenigen Augenblicken aufhören, sobald nämlich das Sauerstoffgas verzehrt wäre, welches den brennenden Körper zunächst umgiebt. Daher brennt das Feuer schlecht, oder verlöscht gänzlich in solchen Feuerstätten, die wenig Zug haben, d. h. wo die wärmere und stickstoffreichere Luft verhindert ist, mit Leichtigkeit aufzusteigen und der kälteren Luft Platz zu machen, die ihren Sauerstoff noch enthält. Je heftiger dagegen der Zug ist, desto

schneller geht der Luftwechsel um den brennenden Körper von statten, desto heftiger mufs dieser brennen und desto mehr Sauerstoff mufs er verzehren. Daher kann man durch starkes Zublasen den Luftwechsel bis zu solchem Grade erhöhen, dafs der brennende Körper in einer gegebenen Zeit mit so viel Sauerstoff in Berührung kommt, als ob er in reinem Sauerstoffgas verbrannt wäre. Deshalb wird die Hitze in unseren Heerden durch Blasbälge, in unseren Windöfen durch Zug vermehrt, und die Kenntnifs, Feuerstätten und Oefen zu bauen, beruht hauptsächlich darauf, sie so anzulegen, dafs die erhitzte Luft so ungehindert und schnell, wie möglich, aufsteigen kann.

Ich habe schon oben erwähnt, worin das Verbrennen besteht, und werde daher hier nur einige Worte über die Erscheinungen sagen, welche das Feuer in der atmosphärischen Luft begleiten. Die Körper verbrennen mit oder ohne Flamme. Das Letztere ist der Fall mit solchen Körpern, welche sich nicht verflüchtigen können; das Erstere bei solchen, aus welchen sich bei höherer Temperatur gasförmige Theile entwickeln; die Flamme aber ist nichts anderes, als dieses Gas, welches verbrennt. Der Unterschied zwischen einem Körper, der beim Brennen blofs glüht, und einem anderen, welcher Flamme giebt, besteht also darin, dafs im ersteren Falle ein feuerbeständiger Körper, im letzteren aber nur ein entwickeltes Gas brennt. Daher brennt z. B. Kohle und Eisen ohne Flamme; das Zink aber, welches ein flüchtiges Metall ist, brennt mit Flamme, weil es nicht der geschmolzene oder flüssige Theil desselben ist, welcher brennt, sondern der durch die Hitze in Gas verwandelte. —

Wenn die Kohle bei höherer Temperatur in einem unvollkommenen Luftzuge brennt, giebt selbst diese eine kleine blaue, oder in gröfseren Massen eine lichtrothe, schwache Flamme; dieſs kommt daher, dafs die Kohle, beim Zutritt von wenig Sauerstoffgas, in eine brennbare Gasart, das Kohlen-Oxydgas, — von welcher oben die Rede gewesen ist, — verwandelt wird, welches beim Ver-

brennen eine Flamme bildet. Gasarten, welche für sich selbst brennen, geben leichte, isolirte Flammen, wie ich im Vorhergehenden, bei den Versuchen mit dem Wasserstoffgase und seinen verschiedenen Verbindungen, gezeigt habe. Die Flamme ist oft verschieden gefärbt, von Zink und Phosphor ist sie weifs, von Schwefel blau, von Kupfer grün u. s. w., wovon in der Folge mehrere Beispiele angeführt werden sollen.

Nach Verschiedenheit der Körper ist auch die Flamme, die sie beim Verbrennen geben, mehr oder weniger stark leuchtend, und dieses Erleuchtungs-Vermögen steht mit der Hitzkraft in keinem Verhältnisse. Sobald die Stoffe, die sich beim Verbrennen bilden, sich in Gasgestalt in der Flamme erhalten, leuchtet diese wenig; wie z. B. die Flamme des Wasserstoffgases, des gasförmigen Kohlenoxyds und des Alkohols. Allein wenn beim Verbrennen ein fester Körper hinzukommt, welcher von der Flamme in's Glühen versetzt wird, so leuchtet dieser glühende Körper so lange, als er in der Flamme glühend erhalten wird. Daher leuchten brennender Zink und Phosphor so stark, weil bei ihrem Verbrennen Zinkoxyd und Phosphorsäure in fester Gestalt ausgeschieden und glühend wird.

Wenn man in der Flamme des Wasserstoffgases, die beinahe gar nicht leuchtet, einen festen Körper, z. B. Platindrath, erhitzt, so wird dieselbe weit leuchtender, als sie an und für sich ist. Dafs die Flamme der ölbildenden Gasarten und unsrer Kerzenlichter und Lampen so stark leuchtet, rührt daher, dafs bei der ersten Berührung der brennbaren Gase mit der Luft das darin enthaltene ölbildende Gas nur theilweise verbrennt und einen Antheil seines Kohlenstoffs in der Flamme niederschlägt, der hier so lange glüht, bis er an den Rand der Flamme gelangt, wo er dann von der Luft berührt wird und verbrennt. Ein Beweis dafür ist, dafs, wenn man einen kalten Körper, z. B. eine Messerklinge, in die Flamme hält, der niedersgeschlagene Kohlenstoff sich daran ansetzt und den sogenannten Lampenrufs bildet.

Diese an sich einfache Erklärung des ungleichen Erleuch-

leuchtungs-Vermögens der Flamme war den Naturforschern ganz entgangen, bis sie vor Kurzem Davy in einer höchst interessanten Abhandlung über die Natur der Flamme entwickelte.

Wenn einfache Körper brennen, so ist die Flamme, welche sie bilden, einfach und überall gleichartig; brennen aber zusammengesetzte Körper, so ist sie, nach Verschiedenheit der dabei entwickelten gasförmigen Stoffe, der Stärke und Farbe des Lichts nach oft verschieden. Als Beispiel dafür möge die Flamme eines brennenden Talglichts dienen. Betrachtet man diese genauer, so sieht man, dafs ihr unterer Rand ringsum (Fig. 17. hb Taf. II.) schön hellblau gefärbt ist; über dem Dochte hat sie einen kegelförmigen Raum, cde, welcher durchscheinender und weniger leuchtend, als der übrige Theil der Flamme, ist, wogegen der denselben umgebende Raum afa am stärksten leuchtet. Aeufserlich wird die Flamme von einer dünnen, wenig leuchtenden Hülle hgh eingeschlossen, welche aber weit heifser, als irgend ein anderer Theil derselben, ist. Bei a ist diese Hülle am heifsesten, nimmt aber nach der Spitze g und nach der Basis der Flamme h zu an Hitze ab. Hält man einen etwas feinen Eisendrath queer in die Flamme, so bemerkt man, dafs er in den Rändern und am stärksten in der Hülle hgh schwillt und weifs glühet, während er in dem dunkleren Raum cde kaum zum Glühen kommt. Die Ursache hiervon ist folgende. Die kleinen Zwischenräume des Dochtes pumpen, wie andere Haarröhrchen, den geschmolzenen Talg in die Höhe; dieser, welcher aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff besteht, wird durch die Hitze der Flamme zerlegt, und in brenzliches Oel, in beide Kohlen-Wasserstoff-Gasarten und in Kohlen-Oxydgas verwandelt, welche Gasarten brennen und die Flamme bilden. Im äufseren Umkreise, wo sie mit der kälteren Luft und ihrem ganzen Sauerstoffgas-Gehalte in Berührung treten, ist die Flamme am heifsesten, weil hier die Verbrennung auf jedem Punkte am stärksten vor sich geht und der meiste Wärmestoff entwickelt wird. Der schmale blaue Rand

entsteht, vom Kohlen-Oxydgas und ein wenig Kohlen-Wasserstoffgas, die schon bei der ersten und schwächsten Einwirkung der Hitze entwickelt werden. Der innere, dunklere, kegelförmige Raum ist mit brennbaren Gasarten angefüllt, welche hier nicht vollständig verbrennen können, weil die Luft, die bis dahin einzudringen vermag, den gröfsten Theil ihres Sauerstoffgases schon verloren hat.

Bei Versuchen mit dem Löthrohre (wovon weiter unten die Rede sein wird) verhält sich die Flamme fast auf dieselbe Weise, nur in umgekehrter Ordnung; denn hier fällt der heifseste Punkt, die Mitte, auf diejenige Stelle, wo die gröfste Menge der hineingeblasenen Luft verzehrt wird. Der blaue Rand ab, welcher sich in Figur 17. beim Zutritt der Luft am untersten Theile der Flamme bildete, zeigt sich hier (Figur 18. ab) beim Zutritt der durch das Rohr zugeblasenen Luft mitten in derselben, und so wie die Hitze in Fig. 17. bei a am stärksten war, so ist sie es auch hier, nur mit dem Unterschiede, dafs der heifseste Theil der Flamme, welcher im ersten Falle einen Gürtel um die ganze Flamme herum bildete, hier in einem einzigen Punkte in der Mitte, gleich vor der Spitze der langen blauen Flamme ab, zusammengedrängt ist, und nach der Spitze zu, noch schneller und stärker aber nach dem Löthrohre zu, an Hitze abnimmt. Daher rührt die bei der Lehre vom Löthrohre zu erwähnende Anwendung der äufseren und inneren Flamme, je nachdem man den zu untersuchenden Körper bei höherer oder niederer Temperatur verbrennen will.

Gewisse Körper geben beim Verbrennen einen mehr oder weniger dicken Rauch von sich, welcher sich auf kalten Körpern mit schwarzer Farbe verdichtet und den Rufs bildet. Dieser entsteht aus kohlenstoffhaltigen Körpern, welche bei niedriger Temperatur oder bei schwachem Luftwechsel und geringem Zutritt von Sauerstoffgas brennen, auf die Weise, dafs der Wasserstoff in den von der Hitze gebildeten Gasarten verbrennt, ohne dafs die Temperatur und der Sauerstoff zureichen, zugleich allen

Kohlenstoff zu verbrennen, der daher niedergeschlagen und fein mechanisch zertheilt von der aufsteigenden warmen Luft fortgeführt wird. Er setzt sich an den Körpern ab, die er berührt, und auf diese Weise sammelt sich der Ruſs in unseren Schornsteinen. Der Ruſs, welchen man von Birkenrinde, Terpenthin, Pech, Kampher u. dgl. m. erhält, ist reine Kohle; der Ruſs von Hölzern aber enthält brenzliches Oel, mit kohlensaurem und essigsaurem Ammoniak, die beim Verbrennen gebildet werden und sich mit der Kohle verdichten.

Rauch und Ruſs können durch starken Luftzug vermieden werden, weil dadurch der Zutritt von Sauerstoff und die Hitze vermehrt wird; den Beweis dafür liefern Thiloriers Ofen ohne Rauch und Argands Lampen. Diese letztern, welche besonders häufig im Gebrauche sind, geben eine ringförmige Flamme, die von der Luft innerlich und äuſserlich berührt, und bei welcher der Luftwechsel ringsum noch durch einen um die Flamme herum angebrachten Glascylinder beschleuniget wird, der die aufsteigende heiſse Luftsäule erhöht, und dadurch, nach aërostatischen Gesetzen, den Zug verstärkt. In dem Luftzuge dieser Lampen brennt die Flamme fast mit demselben Glanze, wie im Sauerstoffgase, und der Rauch wird vollkommen verzehrt.

Die Körper, welche man als Brennmittel anwendet, sind besonders Holz und Holzkohle, Steinkohle, Braunkohle, Torf, fette Oele, Talg, Wachs, Weingeist u. d. m. Die Hauptbestandtheile dieser Körper sind Kohlenstoff, Sauerstoff und Wasserstoff, und die Producte ihrer Verbrennung sind, auſser Rauch und Ruſs, Kohlensäure und Wasser. Je mehr Wasserstoff ein Körper enthält, eine desto gröſsere Flamme giebt er, und desto weniger Hitze kann in unseren gewöhnlichen Feuerstätten daraus entwikkelt werden. Die wasserstoffreicheren Brennmittel werden deſshalb meistens zum Erleuchten benutzt, wogegen Holzkohle und Steinkohle vorzüglich zur Hervorbringung höherer Wärmegrade, oder zur Unterhaltung einer gleichförmigeren Hitze angewandt werden, weil das Flackern

der Flamme des Brennholzes u. s. w. ungleiche Hitze giebt. Zu solchen Versuchen, wo Glasgefäße einer höheren Temperatur ausgesetzt werden müssen, kann man daher nur Kohlen brauchen.

Wenn in unseren Stubenöfen die Klappe verschlossen wird, ehe noch alle flüchtigen Theile des Holzes ausgebrannt und dieses vollständig verkohlt ist, so entsteht durch die nicht verbrannten verflüchtigten Stoffe ein unangenehm riechendes Luftgemenge im Zimmer, welches wir Kohlendunst nennen. Dieser schädliche gasförmige Körper ist weder kohlensaures Gas, noch Kohlen-Oxydgas, sondern ein brenzlicher Stoff von eigenthümlicher Zusammensetzung. Bei einem kurzen Aufenthalte in einem solchen Zimmer bekommt man Schwindel, Kopfschmerzen, Erbrechen u. dgl., und stirbt, wenn man nicht schnell in's Kühle und in frische Luft zu kommen sucht. Menschen, die in einem solchen Zimmer einschlafen, sterben oft im Schlafe, aber nicht am Mangel von Sauerstoffgas, da diese Luft eben so sauerstoffhaltig, als die reine atmosphärische Luft, ist *).

Wenn um einen brennenden Körper herum kein Luftwechsel mehr statt findet, und der Sauerstoff verzehrt ist, so verlöscht er; da aber die Hitze seiner Masse nicht so schnell mit aufhört, so verflüchtigen sich noch fortdauernd eine Menge Stoffe, und bilden einen aufsteigenden Rauch. Dieser Rauch, welcher vorher die Flamme ausmachte, entzündet sich beim Zutritt der Luft von neuem, wenn der verloschene Körper seine Temperatur noch beibehalten hat, oder ein brennender Körper ihm genähert wird. Wenn man z. B. ein brennendes Licht ausbläst, so wird der Docht durch den heftigen Luftwechsel so abgekühlt, daſs das Gas nicht mehr brennen kann; der Docht glüht aber noch und entwickelt die brennbaren Gasarten in

*) Man hat die Wirkungen des Kohlendampfs der Anwesenheit eines geringen Antheils von Kohlen-Wasserstoffgas in Minimum zuschreiben wollen; dem widerspricht aber die Erfahrung, daſs die Luft in Steinkohlengruben dieses Gas in beträchtlicher Menge enthalten kann, ohne daſs die Arbeiter davon erkranken.

Rauchgestalt, und wenn man daher in geringer Entfernung über den rauchenden Docht ein anderes brennendes Licht hält, so entzündet sich das Gas und die Flamme scheint von dem brennenden Lichte zum ausgeblasenen herunter zu fahren. Hat der Docht aufgehört zu glühen, so ist der Rauch, der nun bei einer niedrigen Temperatur gebildet wird, unentzündlich, und besteht meist aus Wasser, brenzlichem Oele und Essig, wogegen bei gröſserer Hitze der Kohlenstoff diese Körper zerlegt, und Kohlen-Oxydgas, Kohlen-Wasserstoffgas und ein wenig Kohlensäure mit ihnen gebildet haben würde.

Alles, was den Zutritt der Luft zu der Oberfläche eines brennenden Körpers verhindert, löscht ihn auch aus. Wir bedienen uns daher zum Feuerlöschen des Wassers, theils weil es die Oberfläche des brennenden Körpers überzieht, theils ihn abkühlt. Wird das Wasser mit Thon, braunem Ocher, Salz, Vitriol oder ähnlichen Körpern gemischt, so bleiben dieselben zurück, wenn das Wasser verdampft ist, und verhindern zum Theil, daſs der verbrannte Körper sich von neuem entzündet. Daher hat man verschiedene Feuerlöschungs-Stoffe, die bei kleinen Feuersbrünsten von einigem Nutzen sein können, bei groſsen aber dem Zwecke nicht entsprechen. Die Versuche, welche man mit solchen Feuerlöschungs-Stoffen, selbst in Schweden, mit Häusern angestellt hat, die mit Theer bestrichen und mit Stroh und fettigen Körpern angefüllt waren, haben die Zuschauer bloſs geblendet und betrogen; denn diese Körper brennen zwar mit einer glänzenden Flamme, aber mit geringerer Wärme, und erlöschen von gemeinem Wasser eben so leicht, als von jenen feuerlöschenden Gemengen. — Wenn bei einer Feuersbrunst die Temperatur sehr hoch und die brennende Masse so groſs ist, daſs das Wasser, womit man sie zu löschen sucht, die Stelle nicht abkühlen kann, auf die es fällt; so wird die Heftigkeit des Feuers dadurch vermehrt. Die Kohle verbrennt nämlich auf Kosten des im Wasser enthaltenen Sauerstoffs, und das Wasserstoffgas, welches sich nebst Kohlen-Oxydgas entwickelt, verbrennt mit einer

heftig hervorbrechenden hohen und blassen Flamme, wie man dieses oft beim Abbrennen grofser Gebäude sehen kann. In diesem Falle ist mit Spritzen nichts auszurichten *). — Schweflichtsaures Gas erstickt das Feuer sehr schnell, man kann daher einen brennenden Schornstein sehr oft dadurch löschen, dafs man Schwefel auf dem Heerde verbrennen läfst.

Wenn Luft auf einer Stelle eingesperrt ist, wo sich organische Körper oder Ueberreste davon befinden, so wird der Sauerstoff nach und nach, während der langsamen Verwandlung derselben, verzehrt, und der Stickstoff bleibt allein, oder mit gasförmigen Ausdünstungen dieser Körper vermengt zurück. Bringt man ein brennendes Licht hinein, so verlöscht es, und Thiere und Menschen sterben augenblicklich, ohne wieder in's Leben zurückgebracht werden zu können. Die schwarze Dammerde besteht aus Ueberresten von Pflanzen und Thieren, mit mehr oder weniger Erdarten vermengt, und zerlegt defshalb die Luft sehr schnell; daher ist die Luft in Kellern, die nicht mit Zuglöchern versehen, oder die lange verschlossen gewesen sind, zum Athemholen wenig dienlich und bisweilen so schlecht, dafs Menschen darin sogleich sterben. Dadurch werden oft Unglücksfälle, besonders in Gruben, veranlafst. Zuweilen findet man in letzteren einen ungewöhnlich grofsen, bis zu 0,07 steigenden, Gehalt von kohlensaurem Gase, der auf die Gesundheit der Arbeiter einen höchst schädlichen Einfluſs hat, selbst wenn die Luft übrigens richtig gemengt ist. Steigt der Gehalt der Luft an Kohlensäure bis zu 9 Procent des Volumens derselben, so ist er erstickend, weil die eingeathmete Luft dann eben

*) Im Kleinen kann man dieſs nachbilden, wenn man im Aschenheerde eines Windofens etwas Wasser auf die heifse Asche gieſst; die dabei gebildeten Wasserdämpfe durchstreichen die Feuerstätte, wo sie von den Kohlen zerlegt werden. Hierbei bilden sich die brennenden Gasarten, die, wenn sie im Ofen nicht hinlänglichen Sauerstoff zu ihrer Verbrennung finden, sich aufserhalb des Schornsteins entzünden und eine, mehrere Fufs hohe, flackernde Flamme bilden.

so viel kohlensaures Gas, als die ausgeathmete gewöhnlich, enthält.

Es ist lange eine Frage gewesen, ob die atmosphärische Luft eine chemische Verbindung von Sauerstoff und Stickstoff, oder nur ein mechanisches Gemenge dieser Gasarten sei, und man hat aus den geringen Abänderungen ihrer Grundmischung den Schluſs ziehen wollen, daſs sie eine chemische Verbindung, ein oxydirter Stickstoff, sei. Als einen vorzüglichen Grund für diese Vermuthung hat man angeführt, daſs das Sauerstoffgas, da es schwerer als das Stickstoffgas sei, bei vollkommener Luftstille niedersinken, und dann der untere Theil der Atmosphäre einen gröſseren Gehalt an Sauerstoff haben müſste. Diese Folgerung ist aber völlig unrichtig; denn die Gasarten mengen sich ganz so, wie die Flüssigkeiten, und das Gemenge bleibt auf allen Punkten völlig verhältniſsmäſsig, ohne daſs die Schwere bei vollkommener Ruhe eine Absonderung darin hervorbringen kann; so vermengen sich z. B. Alkohol und Wasser, so daſs, wenn man sie auch lange ruhig stehen läſst, sie sich nicht wieder trennen.

Wenn daher z. B. eine Menge Wasserstoffgas in die atmosphärische Luft gebracht wird, so steigt es zwar anfänglich, vermengt sich aber beim Aufsteigen mit der Luft, so daſs es sich endlich gleichförmig darin vertheilt. Auf gleiche Weise sinken kohlensaures Gas und Sauerstoffgas anfangs nieder, vertheilen sich aber nachher nach allen Seiten. — Eine offene Flasche, die man mit Sauerstoffgas füllt und auf einen ruhigen Platz hinstellt, sollte dieses Gas, wegen seiner Schwere, nicht verlieren; gleichwohl aber ist die Luft nach Verlauf zweier Stunden in der Flasche nicht sauerstoffhaltiger, als die Luft im Zimmer. Eine umgestürzte Flasche mit Wasserstoffgas sollte dieses Gas zurückhalten; allein nach ein Paar Stunden ist es gänzlich daraus verschwunden *).

*) Die Luftarten haben eine gewisse Neigung, sich mit einander zu mengen, welche macht, daſs sie einander schnell durchdringen und eine in der anderen, wie in leeren Zwischenräumen, sich aus-

Neuerdings haben sehr achtungswerthe Naturforscher beweisen wollen, dafs die atmosphärische Luft ein Oxyd des Stickstoffs sei, und zwar aus dem Grunde, weil sie fast genau aus 4 Maafstheilen Stickstoffgas und 1 Maafstheile Sauerstoffgas bestehe, und folglich halb so viel Sauerstoffgas als das Stickstoffoxydul enthalte. Allein wenn dieſs wirklich der Fall wäre, so würde die atmosphärische Luft das erste Beispiel abgeben, wo ein mechanisches Gemenge völlig dieselben Eigenschaften, wie eine, aus denselben Bestandtheilen zusammengesetzte chemische Verbindung hätte. Denn ein künstliches Gemenge aus 4 Theilen Stickstoffgas und 1 Theile Sauerstoffgas unterscheidet sich, seinen chemischen und physischen Eigenschaften nach, durchaus nicht von der atmosphärischen Luft, und dafs bei dieser Mengung keine chemische Verbindung eintrete, ergiebt sich daraus deutlich, dafs dabei weder eine Veränderung im Volumen, noch in der Temperatur vorgeht. Da überdieſs das Stickstoffoxyd auf Kosten der Luft in salpetrichte Säure verwandelt wird, so müfste ein höheres und mit mehr Sauerstoff gesättigtes Oxyd, ohne Mitwirkung irgend eines fremden Körpers, eine niedrigere Oxydationsstufe des nämlichen Radikals

---

breiten. Dieſs hat mehrere Mifsgriffe bei Beurtheilung solcher chemischer Versuche veranlafst, die in porösen Gefäfsen, z. B. von Thon oder Steingut, angestellt worden sind, weil die Luft in den Poren dieser Gefäfse eine Gemeinschaft zwischen der äufseren und der im Gefäfse eingeschlossenen Luft herstellt. Daher mufs in einer Thonretorte oder in einem hessischen Tiegel die Luft, welche das Gefäfs umgiebt, nach und nach in dasselbe eindringen und auf die darin befindlichen Stoffe einwirken. Priestley fand, dafs poröse Gefäfse, wenn sie auch so dicht waren, dafs die Luft bei gewöhnlicher Temperatur mittelst der Luftpumpe in denselben verdünnt werden konnte, dennoch die darin eingeschlossenen Gasarten leicht durchliefsen, und statt ihrer atmosphärische Luft einsogen, wenn sie einer höheren Temperatur ausgesetzt wurden. — Füllt man eine trockene Ochsenblase mit Sauerstoffgas und läfst sie 24 Stunden hängen, so findet man nachher die darin enthaltene Luft nur wenig reicher an Sauerstoffgas, als die umgebende Luft, weil sich diese mit dem Sauerstoffgas durch die Poren der Blase vermengt hat.

reduciren können, wofür die Chemie kein entsprechendes Beispiel anzuführen vermag.

Die atmosphärische Luft ist daher kein gasförmiges Stickstoffoxydul, sondern ein mechanisches Gemenge von Stickstoffgas und Sauerstoffgas.

Bestände die atmosphärische Luft bloſs aus Sauerstoffgas, so würden die Thiere, durch die übermäſsige Oxydation des Bluts in ihren Lungen, schnell darin sterben, und die geringste Unvorsichtigkeit mit Feuer würde den gröſsten Theil der Erdoberfläche schnell in Brand setzen. — Auf welche Weise übrigens das, bei allen organischen und unorganischen chemischen Prozessen, unaufhörlich verzehrt werdende Sauerstoffgas wieder ersetzt werde, ist uns völlig unbekannt. Wir kennen keinen einzigen desoxydirenden Prozeſs, welcher zur Wiederentwickelung alles gebundenen Sauerstoffes und zur Erhaltung der niemals veränderlichen Proportionen zwischen den beiden Gasen groſs und allgemein genug wäre. Die Auflösung dieses Problems ist von der höchsten Wichtigkeit für die chemische Theorie; vielleicht dürfte auch dieses Geheimniſs mit der Zeit der in so vielen Fällen geheimniſsvollen Natur abgelockt werden. —

Man glaubte lange Zeit, daſs die Gewächse im Sonnenschein das Wasser in ihren Säften zerlegten und den Sauerstoff in Gasform entwickelten; allein dieſs ist unrichtig, und die Luft bleibt sich Sommer und Winter in ihrer Zusammensetzung gleich. Wollte man von der oben erwähnten Vermuthung, daſs die Luft möglicherweise in einem unendlichen Grade von Verdünnung über den ganzen Weltraum verbreitet sein könnte, eine stete Erneuerung der Erdatmosphäre herleiten; so würde jene Aufgabe dadurch nicht im mindesten erklärt werden, weil wir keine merkliche Vermehrung der Menge des gebundenen Sauerstoffs und der oxydirten Körper auf der Erdoberfläche bemerken.

Prevost hat berechnet, daſs der Sauerstoff, welcher während eines Jahrhunderts durch die organischen Geschöpfe des Erdbodens verzehrt wird, nicht mehr als $\frac{1}{7200}$

der ganzen Gewichtsmasse des in der Atmosphäre enthaltenen Sauerstoffs ausmachen dürfte, und daher durch das Eudiometer sich nicht messen lasse. Dieſs mag sich nun wirklich so verhalten, oder nicht, — denn die Richtigkeit solcher Berechnungen läſst sich nicht erweisen — so ist doch soviel gewiſs, daſs uns die Weltgeschichte mit keinem Umstande bekannt macht, aus welchem sich die Vermuthung ableiten lieſse, daſs die Atmosphäre in früheren Zeiten reicher an Sauerstoff gewesen sei, als jetzt.

Die Atmosphäre ertheilt dem über uns befindlichen Himmel eine blaue Farbe. Wahrscheinlich gehört diese blaue Farbe der Luft an, und vermuthlich ist sie so schwach, daſs man sie nur bemerkt, wenn man die Luft in Masse sieht. Wäre die Luft ein vollkommener Lichtleiter, so würde der Himmel schwarz aussehen, wir würden in ein unbeschreibliches Dunkel blicken, und das Tageslicht würde sehr ungleich auf unsere Erde fallen; statt daſs nun die Lichtstrahlen von der Atmosphäre zurück geworfen werden und zu einer stärkeren und gleichförmigeren Vertheilung des Lichts beitragen. Die eigentliche Farbe der Luft scheint dunkelblau zu sein. Wenn man den Himmel von hohen Bergen aus betrachtet, so erscheint er dunkler, je höher man kommt, weil die Atmosphäre hier niedriger wird und der sie umgebende dunkle Raum ihre Farbe verdunkelt. Das Verlaufen der Farbe des Himmels aus dem Dunkelblauen bis in's Hellblaue und endlich fast bis in's Weiſse, rührt von Wasserdämpfen her, die in der Luft schweben, von der Sonne erleuchtet werden und ihr Licht zurückwerfen. Je gröſser die Menge solcher Dämpfe in der Luft ist, desto heller blau erscheint diese, und umgekehrt. Daher ist sie des Morgens und Abends heller, des Mittags und Nachts aber dunkler von Farbe, besonders im Winter.

Chemische Untersuchung der Atmosphäre. Eudiometrie.

Die Art, den Sauerstoffgas-Gehalt der Luft zu untersuchen, nennt man Eudiometrie.

Man glaubte lange, dafs dieser Gehalt sich verändere, und dafs hiernach die Luft mehr oder weniger schädlich für die Gesundheit sein könne. Ich habe mehrmals angeführt, dafs die Mengung der Atmosphäre in freier Luft sich immer gleich bleibe, und dafs jenes also unrichtig sei. Die Stoffe hingegen, welche die Luft für die Gesundheit nachtheilig machen, und bei Menschen und Thieren Krankheiten befördern, sind in ihr als Dünste enthalten, und verändern ihren Gehalt an Sauerstoff so unbedeutend, dafs man die stinkende Atmosphäre um Leichen herum, sowohl im Freien, als in Zimmern, die dem Zutritte der Luft nicht ganz vollkommen verschlossen sind, eben so sauerstoffgashaltig, als die übrige Luft gefunden hat. Dergleichen Stoffe findet man in äufserst geringen Quantitäten der Luft beigemengt, auf eben die Weise, wie Phosphor im Wasserstoffgas, Stickstoffgas u. s. w. verdunstet, ohne die Natur dieser Gase zu verändern. Sie können nicht durch Eudiometrie entdeckt werden, ungeachtet wir in neuerer Zeit sie zu zerstören und ihre schädlichen Einflüsse auf die Gesundheit aufzuheben gelernt haben, wie ich schon beim Chlor erwähnt habe.

Es giebt verschiedene Methoden, den Gehalt der Luft an Sauerstoffgas zu untersuchen, wovon ich die vorzüglichsten anführen werde.

1) Das Wasserstoffgas-Eudiometer. Dieses besteht aus einer Glasröhre, die ungefähr 8 Zoll Länge und 2 Linien Durchmesser hat. Sie ist an einem Ende zugeschmolzen und erweitert sich nahe dabei zu einer Kugel (Fig. 15. A. Taf. II.), in welcher man zwei Dräthe von Eisen, oder lieber von Platin, einlöthet. Diese Dräthe werden an den Enden abgerundet und stehen in der Kugel etwa 1 bis $1\frac{1}{2}$ Linie von einander ab. Die Röhre wird so graduirt, dafs man sich ein kleines Maafs von einer Glasröhre macht, welches an einem Ende zugeblasen, am andern aber eben so geschliffen wird, wie Fig. 19. Taf. II. Dieses füllt man mit Quecksilber und streicht das Ueberflüssige mit einer kleinen Glasscheibe vom Maafse ab. Dieses ist nun die Einheit, und man graduirt damit

die gröfsere Röhre, wenn man ein Maafs nach dem andern in letztere hineinfüllt, und den Stand jedesmal durch einen Strich mit der Feile oder einem Diamant auf der Aufsenseite bemerkt. Will man das Volumen dieser Einheit vorher nach Cubikzollen bestimmen, so läfst sich diefs leicht durch das Abwägen des Quecksilbers machen. — Soll nun eine gewisse Menge atmosphärischer Luft untersucht werden, so mengt man sie in der Röhre mit etwa halb so viel Wasserstoffgas (wozu sich das aus Zink und verdünnter Salzsäure gewonnene anwenden läfst, ohne dafs aus dessen geringem Kohlengehalte bedeutende Fehler entstehen). Man läfst sodann einen elektrischen Funken durch die Dräthe der Kugel gehen, wobei die Gase verbrennen und der Sauerstoff nebst dem Wasserstoff in Wasser verwandelt wird. Auf einen Theil verzehrtes Sauerstoffgas kommen zwei Theile Wasserstoffgas, so dafs in diesem Versuche, beim Verbrennen von 100 Theilen atmosphärischer Luft mit 50 Theilen gewöhnlichen Wasserstoffgases, 63 Theile verschwinden, wovon 21 Theile aus Sauerstoffgas und 42 Theile aus Wasserstoffgas bestanden. —

Der Versuch kann über Wasser gemacht werden, geschieht aber am besten über Quecksilber, in einer Vorrichtung, wie Fig. 15. Taf. II. dargestellt ist. Die äufsere, geräumigere und am offenen Ende sich erweiternde Röhre B wird mit Quecksilber gefüllt, und die Röhre A hineingestellt. Ist die Verbrennung geschehen, so wartet man ab, bis das davon erwärmte rückständige Gas wieder bis zur Temperatur der Zimmerluft abgekühlt ist, und drückt dann die Röhre A so tief in die Röhre B hinunter, bis das Quecksilber in jener so hoch steht, wie um sie herum in B. Man mufs dabei das Thermometer mit beobachten, damit man für den Fall, dafs unterdessen die Temperatur des Zimmers sich verändert haben sollte, das erhaltene Resultat darnach berichtigen kann. — In England und Frankreich bedient man sich dazu cylindrischer Röhren von sehr starkem Glase, die $\frac{1}{2}$ Zoll innern Durchmesser und wenigstens $\frac{1}{4}$ Zoll dickes Glas haben. Dieses

Rohr wird an die Quecksilberwanne mit einer Sprungfeder befestiget, welche das Rohr im Augenblicke der Detonation etwas in die Höhe läfst, doch nur soweit, dafs es nicht aus dem Quecksilber herauskommt, wodurch das Glas weniger auszuhalten hat. (S. Art. Eudiometer im Anhange.)

2) Phosphor-Eudiometer. Eine Glasröhre von 16 Zoll Länge und 2 Linien Durchmesser, wird an einem Ende zu einer Kugel ausgeblasen, und unterhalb der Kugel etwas eingezogen, wie Fig. 16. Taf. II., so dafs a b einen geringeren Durchmesser als b c erhält. Man macht sich nun Stückchen von Phosphor, welche durch a b durchgehen, legt ein solches Stückchen Phosphor hinein und füllt die Röhre mit Quecksilber. Der Phosphor, welcher schief in die Kugel fällt, kann von selbst nicht wieder herausfallen. Die Röhre wird nun umgekehrt in eine andere mit Quecksilber gefüllte Röhre (wie B. Fig. 15.) gestellt, worauf man die zu untersuchende Luft hineinbringt und den Apparat ruhig stehen läfst. Der Phosphor fängt nun an, einen Rauch von phosphorichter Säure von sich zu geben, welcher immerfort niedersinkt. Wenn sich dieser Rauch nicht mehr bildet, und der Phosphor im Dunklen zu leuchten aufgehört hat, wird die Röhre soweit hinabgedrückt, bis das Quecksilber in und aufser derselben in gleicher Höhe steht. Die verschwundene Luft war Sauerstoffgas, die zurückbleibende aber ist Stickstoffgas, in welchem der Phosphor verdunstet, und welches dadurch um $\frac{1}{40}$ seines Volumens ausgedehnt worden ist, welcher Zuwachs in Abrechnung gebracht werden mufs. Man wird bei diesem Versuche finden, dafs die atmosphärische Luft 0,21 an ihrem Volumen verloren hat; indessen giebt jeder Versuch kleine Abweichungen, so dafs man 0,20 bis 0,21 verzehrt findet. Dieſs rührt jedoch nicht von einer Verschiedenheit des Gehalts der Luft an Sauerstoffgas, sondern von kleinen unvermeidlichen Zufällen beim Versuche selbst her. Es versteht sich von selbst, dafs auch hierbei das Thermometer beobachtet werden mufs.

Wenn man die Eudiometerröhre krümmt, wie in Fig. 16. B., so kann man den Phosphor mit Hülfe eines Lichts erhitzen, so daſs er sich entzündet und den Sauerstoff der Luft auf einmal absorbirt, dann muſs man aber beim Einfüllen des Gases so viel Quecksilber in der Röhre zurücklassen, daſs kein Theil des unter dem Verbrennen sich ausdehnenden Gases herausschlüpfen kann.

3) Das Eudiometer mit Stickstoff-Oxydgas ist häufig von Humboldt und von den älteren französischen Chemikern gebraucht worden, und war eine Hauptursache von den unrichtigen Begriffen, die man sich anfangs von der Zusammensetzung der atmosphärischen Luft machte. In allen chemischen Schriften vor 1802 findet man die Verhältnisse ihrer Bestandtheile zu 27 bis 28 Theilen Sauerstoffgas und 72 bis 73 Theilen Stickstoffgas angegeben, indem man annahm, daſs, so wie die Witterung veränderlich ist, auch der Sauerstoffgehalt der Luft steten Veränderungen unterworfen sei. Dieſs rührte von der Eigenschaft des Stickstoff-Oxydgases her, sich nach verschiedenen Verhältnissen mit Sauerstoff zu vereinigen, je nachdem die Eudiometerröhre von verschiedener Weite ist, oder verschiedene Mengen Gas zugesetzt werden, wie ich weiter unten, bei Beschreibung dieser Gasart, auseinander setzen werde. Der unrichtige Begriff von den Proportionen zwischen den Bestandtheilen der atmosphärischen Luft wurde im J. 1801 von de Marti berichtigt, der auf verschiedenen Wegen zeigte, daſs die eudiometrischen Proben stets gleichen Ausschlag geben, wenn man nicht Stickstoff-Oxydgas als eudiometrisches Mittel anwendet, und nun ist dessen Unzuverlässigkeit allgemein anerkannt.

4) Das Eudiometer mit Schwefelkalium wurde von Scheele eingeführt, welcher uns zuerst den Unterschied zwischen den Bestandtheilen der Luft kennen lehrte. Es gründet sich darauf, daſs Auflösungen von Schwefelalkalien das Sauerstoffgas verzehren, während ein Theil ihres Schwefels sich damit zu unterschweflichter Säure verbindet. Es ist für die Prüfung groſser Luftmengen passend. Wenn die Lösungen warm sind und um-

geschüttelt werden, geht die Zersetzung weit schneller vor sich. Hierbei ist aber zu erinnern, dafs das Schwefelkalium in kaltem, nicht in kochend heifsem Wasser gelöst werden mufs, weil es sonst beim Schütteln in der Eudiometerprobe einen Theil des durch Kochen ausgetriebenen Stickstoffgases wieder aufnimmt, und dadurch die Absorption zu grofs wird.

Man hat lange, wiewohl ohne hinreichende Gründe, angenommen, dafs die Atmosphäre 0,01 ihres Volumens kohlensaures Gas enthalte. Dieſs ist bisweilen in solchen Räumen der Fall, wo Menschen oder Thiere leben, wo sich viele Lichter befinden, oder Kohle langsam verbrennt, wie in unseren Stubenöfen, wenn die Klappe des Zugrohres verschlossen ist; in freier Luft hingegen steigt dieser kohlensaure Gehalt nicht bis zu 0,001. Dalton hat neuerdings bewiesen, dafs die Luft nicht mehr als $\frac{1}{1400}$ ihres Volumens an kohlensaurem Gase enthält. Man untersucht die Anwesenheit dieses Gases mittelst Kalkwasser, welches dadurch getrübt wird und kohlensauren Kalk absetzt. Allein diese Probe mufs mit sehr grofsen Mengen Luft gemacht werden, weil sonst das Volumen des verzehrten kohlensauren Gases kaum wahrnehmbar wird. Auch geschieht es wohl, dafs das Kalkwasser, wenn es durch Kochen frisch bereitet wird, während des Versuchs die durch Kochen ausgetriebene Luft wieder aufnimmt, und man daher einen weit gröfsern Gehalt an Kohlensäure gefunden zu haben glaubt.

Ehe ich die Beschreibung der atmosphärischen Luft verlasse, werde ich erst noch einige Worte über die Feuer- und Lichterscheinungen sagen, die sich in ihr zutragen und deren Natur uns gröfstentheils noch verborgen ist.

1) Feuerkugeln. Zuweilen sieht man in der Atmosphäre eine grofse leuchtende Kugel, deren Licht zuweilen in's Rothe fällt, die sich mit grofser Schnelligkeit bewegt und einen glänzenden Schweif von Funken nach sich zieht. Die Gröfse dieser Kugeln ist verschieden; bald haben sie nur die Hälfte von dem scheinbaren Durch-

messer des Mondes, bald hat man sie gröſser, als den Vollmond, gesehen; sie leuchten weit stärker als dieser, so daſs man bei ihrem Lichte oft eine feine Schrift lesen kann. Zu den gröſsten beobachteten Feuerkugeln gehören die, welche im Jahr 1719 in Bologna und am 17. Juli 1771 in Paris gesehen wurden. Nach den an mehreren Orten über die letztere gemachten Beobachtungen, zeigte sie sich 20,600 Klafter über der Erde, hatte 250 Klafter im Durchmesser und eine Schnelligkeit von 6 Meilen in der Sekunde. Andere kleinere Kugeln gehen so tief, daſs man das Knistern ihres Verbrennens hören kann. Ihre Richtung gegen die Erde ist sich fast immer einigermaſsen gleich. Hoch oben in der Luft scheinen sie horizontal zu gehen, und sich nur wenig nach der Erde zu neigen; tiefer unten sieht man ihr Sinken deutlicher. Wenn eine solche Feuerkugel eine gewisse Strecke gegangen und unterweges immer heller und heller geworden ist, so zerspringt sie öfters mit einem starken Knall, der Häuser und Gebäude erschüttert, und zuweilen stürzt die Kugel selbst ganz herunter. In beiden Fällen ist es eine eisenhaltige Steinmasse, die entweder in einem Klumpen, oder in einem Regen von kleinen, äuſserlich halb geschmolzenen Stücken vom Himmel herabfällt.

Dergleichen Feuerkugeln hat man in allen Ländern gesehen, auch bei uns, und unsere Urvorältern haben sie bereits beobachtet *). Die niederfallenden Steine wurden von den Griechen und Römern Bäthylien genannt; wir haben aber ihre Berichte darüber als Fabeln betrachtet, bis die Sache durch die seit dem Anfange des jetzigen Jahrhunderts gefallenen Steine auſser Zweifel gesetzt worden ist. Diese Steine sind einander, sowohl dem äuſseren

*) Ein vollständiges Verzeichniſs aller von den ältesten Zeiten an bis jetzt bekannt gewordenen meteorischen Massen, nebst einer Revision der über ihre Entstehung aufgestellten Theorien und aller bei deren Beurtheilung einschlagenden Umstände, findet man in Chladni's Werke: Ueber Feuermeteore und über die mit denselben herabgefallenen Massen, welcher sich um die Erörterung dieser Gegenstände groſse Verdienste erworben hat.

ren Ansehen, als ihrer Zusammensetzung nach, sehr ähnlich, sie mögen nun unter der Linie oder in den, den Polen nahe gelegenen Ländern unsers Erdbodens gesammelt worden sein. Ihr Aeufseres ist dunkelfarbig, glatt und wie durch angehende Schmelzung glasirt, innerlich sind sie graulichweifs, braun oder hellgrau gefleckt, und enthalten aufserdem Körnchen von metallischem Eisen und von weifsem Schwefelkies, mit völlig blättrigem Bruch. Die Masse des Steins selbst besteht aus Kieselerde, Talkerde, Eisen (welches zum Theil verbrannt oder oxydirt ist), Nickel, Schwefel, und enthält bisweilen nebenbei noch Mangan, Chrom und Kohle, in etwas abweichenden Verhältnissen. Die regulinischen Eisenkörner bestehen aus Eisen mit etwas Nickel und Schwefel.

Man hat diese Steine Meteorsteine genannt. Die gleichartige Zusammensetzung und Bewegung solcher Massen bei ihrem Herabfallen giebt zu erkennen, dafs sie einerlei Ursprungs sind. Welche Kraft mag das aber wohl sein, die diese Kugeln zu einer so aufserordentlichen Höhe im Luftkreise erhebt und ihnen eine solche Schnelligkeit mittheilt, dafs sie bei einem Gewichte von mehreren tausend Pfunden die Luft durchstreichen, ohne auf ihrem mehrere Meilen langen Wege von der Anziehungskraft der Erde bedeutenden Einfluſs zu erleiden? Eine Kanonenkugel geht selten über $\frac{1}{5}$ Meile weit. Werden diese Feuerkugeln von Vulkanen ausgeworfen? Unmöglich! — denn, ungerechnet, dafs sie in ihrer Zusammensetzung vulkanischen Producten ganz unähnlich sind, so müfsten sie sich in diesem Falle auch in einer schiefen Wurflinie bewegen, ungefähr wie Bomben, die aus einem Mörser geworfen werden; denn man kann sich nicht vorstellen, dafs sie in horizontaler Richtung ausgeworfen sein sollten, sondern sie müfsten aus dem Krater in senkrechter Richtung ausgeworfen sein. — Bilden sie sich in der Luft? — Dem widerspricht alles, was wir von der Natur dieser Körper und ihrem Verhalten zum Wärmestoffe wissen; sie sind, den Schwefel ausgenommen, sämmtlich feuerbeständig, und es ist uns keine Art von Auflösung derselben

in der Luft bekannt. — Die Vermuthung, dafs diese entweder aus den grofsen, unaufhörlich feuerspeienden Vulkanen des Mondes mit solcher Kraft ausgeworfen sein sollten, dafs sie aus der Anziehungssphäre desselben in die der Erde gerathen könnten, läfst sich eben so wenig erweisen, als die Hypothese über ihren kosmischen Ursprung, nach welcher sie isolirte Massen sein sollen, die gleich den Planeten sich um die Sonne bewegten und bei ihrer Annäherung an die Erde allmählich von ihrer Bahn abgelenkt und auf die Erde zu fallen genöthiget würden.

Die Vermuthung ihres kosmischen Ursprungs, so wenig befriedigend sie auch übrigens ist, verträgt sich noch am besten mit der Schnelligkeit, dem Wärmegrade und der Richtung derselben; allein ihre stets gleichartige Zusammensetzung vermehrt wenigstens die Wahrscheinlichkeit dieser Vermuthung nicht, wenn sie ihr auch nicht geradezu widerstreitet. Ueberdiefs hat man Steinregen beobachtet, die schwerlich nach dieser Hypothese erklärbar sind; z. B. den am 26. April 1803 im Departement l'Aigle in Frankreich gefallenen. Man sah um 1 Uhr Nachmittags zu Caen eine grofse Feuerkugel, die am lichten Tage mit unglaublicher Schnelligkeit sich bewegte, und wenige Augenblicke nachher einige tausend gröfsere und kleinere Steine aus einer länglichen, vierseitigen schwarzen Wolke, die 5 Minuten lang unaufhörlich krachte, und dabei ganz still zu stehen schien, — herabregnete *).

Die aufserordentliche Schnelligkeit, womit diese Feuerkugeln, selbst in den dünneren Theilen der Atmosphäre, die Luft vor sich zusammendrücken, entwickelt Wärmestoff, welcher, je näher sie der Erde kommen und je mehr die Luft an Dichtigkeit zunimmt, sich vermehren mufs, so dafs sie zu glühen anfangen, sich entzünden und mit den gewöhnlichen Verbrennungs-Phänomenen des Eisens brennen, bis sie endlich bei einer gewissen höheren Temperatur, wenn der in ihrer Masse befindliche Schwefel durch die Hitze in Gasgestalt versetzt wird, mit einem

*) Man lese darüber Chladni's angeführtes Werk nach.

Knalle zerspringen und in Stücken niederfallen. Die Einwirkung der Hitze auf sie ist zwar hinreichend gewesen, ihre Oberfläche zu verglasen, kann aber doch nur einen Augenblick gedauert haben. Denn sie sind zwar immer äufserlich mit einer dunklen verglasten Rinde umgeben; unter dieser aber findet man Schwefelkies, der bei höherer Temperatur zersetzt wird, und daher einen Beweis giebt, dafs die Hitze nicht tiefer eingedrungen sei. Sie sind beim Niederfallen gewöhnlich warm, aber niemals glühend oder so heifs, dafs sie die Körper, auf welche sie fallen, entzünden oder verkohlen sollten.

2) Lichtstreifen. Bei hellen und ruhigen Abenden, besonders im Herbste und gegen den Winter hin, sieht man bisweilen einen Lichtstreifen in sehr schiefer Richtung gegen die Erde hervorbrechen, der eine Flamme bildet, die in der Mitte am breitesten ist, und nach dem unteren Ende scharf und spitzig zuläuft. Die Erscheinung dauert nur einen Augenblick und verschwindet ohne Knall, sie erleuchtet die ganze Gegend stärker als ein Blitz, dauert auch ein wenig länger, als dieser. Sie zeigt sich zuweilen sehr hoch oben in der Luft, und wird von weit entlegenen Orten gesehen. Man nimmt genau wahr, dafs die Erscheinung in einer Verbrennung besteht, und aus ihrer Richtung sieht man, dafs es ein fallender Körper ist, welcher brennt; allein die Natur des brennenden Körpers selbst und die Producte seiner Verbrennung sind uns unbekannt.

3) Sternschnuppen. Dieses sehr gemeine Meteor ereignet sich sehr hoch in der Luft und gehört wahrscheinlich ebenfalls dem Verbrennen an. Bald verschwindet der anscheinend niederfallende Stern sehr schnell, bald, wiewohl seltener, sieht man den Strahl durch die ganze Atmosphäre bis zur Erdoberfläche niederfahren. Man weifs noch nicht zuverlässig, dafs der brennende Körper auf irgend einer Stelle niedergefallen und untersucht worden wäre.

4) Irrlichter oder Irrwische nennt man kleine Flammen, welche bisweilen bei warmen und ruhigen

Abenden nahe über dem Erdboden in der Luft erscheinen. Sie folgen dem Luftzuge und weichen dem aus, der ihnen nahe zu kommen sucht. Fludd und Chladni versichern, welche gefangen, und darin einen schleimigen, geruch- und geschmacklosen, dem Froschlaich ähnlichen Stoff gefunden zu haben, welcher leuchtete, aber nicht brannte, und wahrscheinlich seinen Ursprung von verfaulten Vegetabilien haben mochte. Manche haben behauptet, dafs diese Erscheinung durch Phosphor-Wasserstoff veranlafst werde; diefs ist aber unmöglich, weil, wie man sich erinnert, die Gasarten die Eigenschaften besitzen, sich schnell mit der Luft zu mengen, und weil dann der eigenthümliche widrige Geruch jener Gasart an allen Stellen verbreitet sein müfste, wo Irrlichter entstehen. — (Die sogenannten Elmsfeuer sind schon bei der Elektricität erwähnt worden.)

5) Nordscheine. Dieses allgemein bekannte Phänomen zeigt sich, jedoch etwas schwächer, auch nach dem Südpole zu, und wird häufiger und stärker, je mehr man sich den Polen nähert. Bisweilen bleiben die Nordlichter mehrere Jahrzehnde lang ganz aus, kehren aber dann abwechselnd mit mehr oder weniger Stärke zurück. Benj. Franklin erklärte sie für Elektricität, welche die von den wärmeren Erdtheilen in die Luft aufsteigenden Dünste begleite und in der Nähe der Pole mit jenem Lichte wieder niederströme. Die wahrscheinlichste Vermuthung darüber ist, dafs der elektrische Stoff des Erdkörpers, eben so wie der magnetische, sich in einem gewissen Grade der Vertheilung zwischen beiden Polen befinde und fortdauernd das Gleichgewicht dadurch wieder herzustellen suche, dafs die getheilten + und — E über der Atmosphäre, also gleichsam in einem luftleeren Raume, ausströmen, sich hier begegnen und gegenseitig sättigen. Man hat seit Franklins Zeit die Beobachtung gemacht, dafs bei starkem Nordscheine die Magnetnadel beunruhigt wird, und Dalton hat darzuthun gesucht, dafs die longitudinalen, oft an Farbe abwechselnden Lichtmassen, welche sich dabei zeigen, stets der Richtung des magnetischen

Meridians folgen. Biot versuchte es wahrscheinlich zu machen, dafs der Nordschein aus metallischen Partikeln bestehe, welche von Vulkanen des hohen Nordens, wie der aleutischen Inseln, ausgeworfen würden, mit elektrischem Lichte leuchteten und deren Richtung von der magnetischen Polarität der Erde bestimmt würde. Wir haben indefs in den letzteren Jahren zuverlässigere Kenntnisse über diese Naturerscheinung erhalten. Die englischen Naturforscher Richardson und Hood, welche der Nordpol-Expedition zu Lande unter Capitain Franklin 1821—1822 folgten, stellten Untersuchungen darüber an und fanden, dafs sich der Nordschein nicht in so grofse Höhen ziehe, wie man vermuthet hatte, und dafs es zweierlei Arten davon gebe. Die eine Art geht höher hinauf in die Atmosphäre, jedoch nicht über 25,000 Meter, und geht meist von einem dunkeln Mittelpunkte aus, welcher von einem oder mehreren hellen Bogen umgeben ist. Dieser Nordschein bildet lange, meist gefärbte Säulen von Licht, welche in der Richtung und Neigung des magnetischen Meridians stehen. Die andere Art fängt auf allen Stellen des Himmels an, und zeigt ebenfalls abwechselnde Bogen und Strahlen, ist aber meist leuchtenden Wolken ähnlich. Sie liegt sehr niedrig, wirkt stark auf die Magnetnadel, und scheint auch, nach einem Versuche von Hood, elektrisch zu sein. Thienemann, welcher, ein Jahr vor den Beobachtungen der englischen Naturforscher, auf Island Beobachtungen über den Nordschein gemacht hat, kam zu einem vollkommen gleichen Resultate. Man hat darüber gestritten, ob der Nordschein von einem Laute begleitet sei, aber die glaubwürdigsten Zeugnisse scheinen diefs zu bestreiten.

Professor Hansten hat verschiedene Beobachtungen bekannt gemacht, welche zu beweisen scheinen, dafs das Nordlicht jedesmal einen magnetischen Pol der Erde zum Mittelpunkte hat.

Regenbogen, Nebensonnen, Mondhöfe und ähnliche Erscheinungen, die von der Brechung des Lichts durch die in der Luft schwebenden Wasserdünste herrühren, ge-

hören nicht in das Gebiet der Chemie; ihre Erklärung ist rein mathematisch.

Wasser.

Ich habe schon oben erwähnt, dafs das Wasser aus Sauerstoff und Wasserstoff bestehe, auch gezeigt, wie diese Bestandtheile von einander geschieden werden können. Hier wird nunmehr gezeigt werden, wie aus ihnen das Wasser wieder zusammengesetzt werden kann.

Wenn man in dem S. 185 beschriebenen Versuche, das Wasser durch Entladung der elektrischen Säule zu zerlegen, statt der Dräthe von leicht oxydirbaren Metallen, beide Dräthe, oder wenigstens den positiven, von Gold oder Platin macht; so wird zwar das Wasser so gut wie vorher in seine Bestandtheile zerlegt, allein der Sauerstoff verbindet sich nicht mit den Metallen, sondern entweicht in Gasgestalt und vermischt sich mit dem, vom entgegengesetzten Drathe aufsteigenden Wasserstoffgase. Sammelt man nun dieses entwickelte Gasgemenge und verbrennt es in einzelnen kleinen Portionen im Wasserstoffgas-Eudiometer; so verschwindet das Gas jedesmal vollkommen *), und es bildet sich in der Eudiometerröhre dem Gewicht nach eben so viel Wasser, als die verbrannten Gase wogen, und das Wasser im Zerlegungs-Apparate während des Versuches am Gewichte abgenommen hatte.

Ich halte es für überflüssig, alle die genauen Versuche hier zu beschreiben, die man angestellt hat, um das Wasser aus seinen Bestandtheilen zusammen zu setzen, und die relativen Mengen der letztern auszumitteln. Ge-

*) Hierzu wird jedoch erfordert, dafs das dazu angewandte Wasser frei von atmosphärischer Luft sei, weil sonst immer ein kleiner Theil der vorher im Wasser enthaltenen Luft zurückbleibt, welcher mit den neugebildeten Gasarten allmählich würde ausgetrieben werden.

nug, — man verbrannte Sauerstoff- und Wasserstoffgas in Apparaten, wo man das Gewicht der Gasarten vor dem Verbrennen mit dem Gewichte des dadurch erhaltenen Wassers und des übrig gebliebenen Gases genau bestimmen konnte, und fand jedesmal, dafs das erhaltene Wasser eben so viel, als die verschwundenen Gase, wog. Bei den Versuchen, welche Fourcroy, Vauquelin und Seguin ziemlich im Grofsen in der Absicht anstellten, um aus abgewogenen Mengen Gas wägbares Wasser hervorzubringen, und bei welchen mehrere Unzen Wasser durchs Verbrennen erzeugt wurden, glaubte man zu finden, dafs das Wasser aus 85 Theilen Sauerstoff und 15 Theilen Wasserstoff bestehe. Seitdem aber durch genaue Versuche ausgemittelt worden ist, dafs 2 Volumina Wasserstoffgas sich genau mit 1 Volumen Sauerstoffgas verbinden, und seitdem die relativen Gewichte beider Gase bestimmt worden sind, hat man gefunden, dafs das Wasser aus 88,94 Gewichtstheilen Sauerstoff und 11,06 Gewichtstheilen Wasserstoffgas besteht.

Aufser der Wägung der Gase selbst, ist die beste Art, die genaue Zusammensetzung des Wassers bestimmt zu untersuchen, die, dafs man in einer dazu geeigneten Glasröhre eine abgewogene Menge Kupferoxyd erhitzt, und dann reines Wasserstoffgas in die Röhre leitet, wobei das Oxyd reducirt und Wasser gebildet wird. Man sammelt hierauf das Wasser und wiegt es, so wie das rückständige Kupferoxyd, wo sodann das Uebergewicht, welches das Wasser mehr wiegt, als was das Kupferoxyd am Gewichte verloren hat, die relativen Quantitäten des zur Bildung des Wassers verwendeten Wasserstoffs und Sauerstoffs anzeigt. Dieſs stimmt auch mit den Resultaten überein, welche man durch die Bestimmung des specifischen Gewichts beider Gasarten erhält.

Bei dem Versuche, das Wasserstoffgas aus Wasserdämpfen zu gewinnen, die man durch glühende Stückchen Eisendrath leitet, hatte man ferner gefunden, dafs man dabei ein Volumen Wasserstoffgas erhielt, welches der Gewichtszunahme des Eisens durch den aufgenomme-

nen Sauerstoff entsprach. Man hatte also sowohl durch Zusammensetzung, als durch Zerlegung des Wassers, übereinstimmende Resultate erhalten. Ich werde hier noch einen Versuch anführen, bei welchem die Erzeugung des Wassers durch Verbrennen des Sauerstoff- und Wasserstoffgases mittelst eines sehr einfachen Apparats bewerkstelliget werden kann, der aber freilich keine solche Genauigkeit zuläfst, dafs die Producte gewogen werden könnten.

Man bereitet sich Sauerstoff- und Wasserstoffgas auf eine der vorher beschriebenen Weisen, und fängt diese Gase, jedes für sich, in solchen Gasbehältern auf, wie ich im Anhange unter diesem Artikel beschreiben werde. An das Ableitungsrohr dieser Behälter befestiget man, mittelst eines biegsamen Zwischenrohrs von elastischem Gummi, eine Glasröhre, die so gebogen ist, wie Fig. 21. Taf. II. zeigt. Zugleich läfst man sich eine Glocke von Krystallglas blasen, die wie Fig. 20. A. gestaltet ist. Diese Glocke mufs bei Anstellung des Versuches inwendig völlig trocken sein, und wird deshalb, um Wasser und Quecksilber gänzlich entbehren zu können, auf folgende Weise mit Sauerstoffgas gefüllt. Man stürzt nämlich die Glocke, wie in Fig. 20. B., um, und setzt in ihre, nach oben gekehrte, weitere Oeffnung, einen gut passenden Kork ein, in welchen man vorher zwei Löcher gemacht hat. Durch das eine dieser Löcher wird eine, bis zu dem Pfropfe der unteren Oeffnung der Glocke gehende Glasröhre eingesetzt, deren oberes (wie in der Figur) gekrümmtes Ende mittelst eines Rohres von Kautschuck in dem Ableitungsrohre des Sauerstoffgas-Behälters befestiget wird. Durch das andere Loch wird eine kurze Glasröhre gesteckt, die in der Glocke nicht aus dem Korke hervorsteht, sondern mit diesem sich endiget. Man läfst nun Sauerstoffgas, anfangs langsam, dann schneller in die Glocke einströmen; durch seine Schwere senkt es sich zu Boden und treibt die leichtere atmosphärische Luft oben zu der kurzen Röhre heraus, wie ich es bei der Darstellung des Chlorgases erwähnt habe. Aus dem, was ich

über die Neigung der Gasarten, sich mit atmosphärischer Luft zu vermengen, angeführt habe, sieht man leicht ein, daſs ein Theil des Sauerstoffgases sich mit der Luft mengen müsse, ehe diese oben heraus getrieben wird; allein man sieht leicht, ob die Glocke mit Sauerstoffgas angefüllt ist, wenn man der kurzen Röhre einen glimmenden Spahn nähert, der sich im Sauerstoffgase mit der gewöhnlichen Heftigkeit entzündet, sobald die Luft völlig ausgetrieben ist und das Sauerstoffgas zu entweichen anfängt. Gebraucht man die Vorsicht, etwas Sauerstoffgas ausströmen zu lassen, so wird die an Sauerstoffgas reichere atmosphärische Luft, welche sich über dem einströmenden reinen Sauerstoffgas bildete, zugleich mit ausgetrieben, und das Gas in der Glocke wird um so mehr vom Stickstoffe befreit. — Nun werden die im Gasbehälter befestigten gekrümmten Glasröhren zusammen in ein, zur Hälfte mit Quecksilber gefülltes Glas gestellt, wie Fig. 21. Taf. II. zeigt. Der Wasserstoffgas-Behälter wird nun geöffnet, und das hervorströmende Gas angezündet, wobei man mittelst des Ventils das Ausströmen so zu leiten sucht, daſs die Flamme nicht zu groſs wird. Hierauf wird der Kork aus der mit Sauerstoffgas gefüllten Glasglocke herausgenommen und diese schnell über die Röhren gestürzt, so daſs das offene Ende der Glocke in das Quecksilber zu stehen kommt. Dabei wird zugleich das Ventil des Sauerstoffgas-Behälters geöffnet, jedoch mit der Vorsicht, daſs nur $\frac{1}{2}$ so viel Sauerstoffgas als Wasserstoffgas in die Glocke ströme, weil sich auſserdem diese mit mehr Sauerstoffgas anfüllt, als der Wasserstoff zu verzehren vermag, das Quecksilber niedergedrückt wird und die Gase durch die Oeffnung herausdringen. Das Wasser, welches sich bildet, wird von der Glocke abgekühlt, setzt sich an den Wänden derselben in Dampfgestalt an, flieſst endlich in Tropfen herunter und sammelt sich in den Vertiefungen der Glocke bei b Fig. 20. A. Je langsamer der Versuch von statten geht, desto weniger wird die Glocke erhitzt, und desto vollkommener glückt derselbe.

Das Wasser, welches man dabei erhält, schmeckt ge-

wöhnlich säuerlich und enthält ein wenig Salpetersäure. Dieſs rührt daher, daſs der Braunstein, aus welchem das Sauerstoffgas gewöhnlich bereitet wird, Stickstoff enthält, dessen Beimengung schwerlich vermieden werden kann, und daſs — den Stickstoff ungerechnet, welcher von der atmosphärischen Luft unter der Glocke zurückgeblieben sein kann — derselbe durch die Flamme des Wasserstoffgases mit erhitzt und durch das Verbrennen in Salpetersäure verwandelt wird. Durch groſse Sorgfalt bei der Bereitung des Sauerstoffgases und beim Füllen der Glocke kann man es indessen dahin bringen, völlig reines und von Salpetersäure freies Wasser zu erhalten. Bleibt dagegen beim Anfange des Versuches atmosphärische Luft, statt reinen Sauerstoffgases, in der Glocke zurück, so kann der Gehalt an Salpetersäure ziemlich bedeutend werden.

Die Entdeckung der Zusammensetzung des Wassers gehört dem Engländer Cavendish an, und ist noch kein halbes Jahrhundert alt. Sie wurde von den französischen Chemikern bestätiget und genauer bestimmt, fand aber dennoch ihre hartnäckigen Widersacher. Man glaubte nämlich gefunden zu haben, daſs Wasser, welches auf glühende Metalle getropft oder durch glühende Thonröhren geleitet werde, sich zum Theil in Stickstoffgas verwandele. Allein von Hauch bewies, daſs dieses Stickstoffgas von der benachbarten atmosphärischen Luft herrühre, und daſs man keines erhalte, wenn man Apparate von Metall anwendet und die aus porösen Körpern, wie Thon oder Steingut, vermeidet. Eben so glaubte man gefunden zu haben, daſs Wasser, theils durch Reiben im Mörser, theils durch Kochen in Glasgefäſsen, in Erde verwandelt werden könne; allein im ersteren Falle entstand die Erde durch Abnutzung des Mörsers, im letztern durch Auflösung des Glases. Lavoisier digerirte 14 Wochen lang Wasser bei $+85^{\circ}$ in einem verschlossenen Glasgefäſse, und fand, daſs das Glas eben so viel am Gewichte verloren habe, als die mit dem Wasser gemengte Erde, mit den bei Verdunstung des Wassers zu-

rückgebliebenen Stoffen zusammen genommen, am Gewichte betrug.

Bei der Mitteltemperatur unserer Atmosphäre bleibt das Wasser stets flüssig; vermindert sich aber die Wärme bis unter 0° am Thermometer, so nimmt es feste Gestalt an und verwandelt sich in Eis. Das Eis ist daher nichts anders, als Wasser in fester Gestalt und unterscheidet sich vom flüssigen Wasser eben so, wie sich ein Stück fester Schwefel von geschmolzenem Schwefel unterscheidet. Ich habe schon angeführt, dafs ein nicht unbedeutender Theil der festen Oberfläche des Erdkörpers aus Wasser in fester Gestalt, oder Eis, bestehe, und dafs man es nur auf denjenigen Theilen der Erdoberfläche flüssig findet, welche von den Sonnenstrahlen erwärmt werden können. So wie in einer gewissen Höhe der Atmosphäre, selbst mitten über dem Erdäquator, die Wärme verschwindet so mufs diese auch in der Erdmasse selbst abnehmen und in einem gewissen Abstande von ihrer Oberfläche ganz fehlen.

Wenn das Wasser erstarrt, so nimmt es, wie die meisten übrigen Körper, Krystallgestalt an, wie unsere gefrorenen Fenster im Winter deutlich beweisen. Betrachtet man Wasser, welches in einem dünnen Glase bei mäfsiger Kälte langsam zu frieren anfängt; so sieht man erst ein dünnes Eisblatt auf der Oberfläche, dann aber Eisnadeln entstehen, die unter bestimmten Winkeln von 60° und 120° hervor schiefsen; an diese setzen sich neue, an diese wieder andere an u. s. f., bis endlich die ganze Masse erstarrt ist. Diese Krystalle zeigen, wie die Krystalle anderer Körper, mancherlei Gestalten, welche theils von der Heftigkeit der Kälte und der Schnelligkeit ihrer Bildung, theils von den verschiedenen Graden der Ruhe beim Frieren und dergleichen Umständen mehr abhängen. So findet man das Wasser bald in langen geraden Nadeln krystallisirt, bald in federartigen Krystallen, bald in glänzenden schuppenähnlichen Blättchen, welche vielseitige Zwischenräume zwischen sich lassen u. s. w. Nur selten hat man indefs ausgebildete Eiskrystalle beobachtet.

Clarke fand an einer Stelle, wo der feine Nebel eines Wasserfalles, bei einer lange anhaltenden Temperatur von —0°,5, Eiszapfen an einem überhängenden Brückenbogen gebildet hatte, rhomboëdrische Krystalle mit Winkeln von 60° und 120°. Oefter hat man reguläre sechsseitige Prismen gefunden, aber fast nie mit Endspitzen, und Smithson giebt an, Eiskrystalle gefunden zu haben in Form doppelsechsseitiger Pyramiden, an denen die beiden Zuspitzungen Winkel von 80° mit einander bildeten. Alle diese Formen gehören der rhomboëdrischen Grundform an.

Bei völliger Ruhe wird ein weit niedriger Wärmegrad, als der Frostpunkt, zur Versetzung des Wassers in die feste Gestalt erfordert, und ich habe schon oben erwähnt, dafs es bei völliger Ruhe mehrere Grade unter 0° seine flüssige Gestalt beibehalten kann, und erst dann erstarrt, wenn man es umschüttelt. Im luftleeren Raume gefriert das Wasser niemals eher, als bis es fast bis —5° erkaltet ist, erwärmt sich aber im Augenblicke der Erstarrung wieder bis zu 0°.

Das Eis macht die weniger gewöhnliche Ausnahme vom Verhalten zwischen dem flüssigen und festen Zustande, dafs es leichter, und folglich dem Volum nach gröfser ist, als ein gleiches Gewicht flüssigen Wassers. Sein spec. Gewicht ist 0,916, und bisweilen noch geringer. Die Ursache dieser Ausdehnung des gefrornen Wassers ist uns unbekannt; sie fängt schon vier Grad über dem Gefrierpunkte an, und nimmt allmählich zu, bis das Wasser gefriert, wo es sich auf einmal sehr bedeutend ausdehnt. Ein Theil dieser Ausdehnung rührt von einer zufälligen Ursache her, welche das specifische Gewicht des Eises geringer macht, als es sonst sein würde. Diese Ursache ist, dafs das Wasser eine bestimmte Menge Luft enthält, welche keine feste Gestalt annehmen kann, sondern während des Gefrierens in unendlich feinen Luftbläschen ausgesondert wird, die das Eis undurchsichtig machen und dem bloſsen Auge deutlich sichtbar sind. Man hat versucht, das Wasser durch Kochen oder unter

der Luftpumpe von dieser Luft zu befreien, dessen ungeachtet aber das Eis immer blasig gefunden. Indessen kann man, wenn man destillirtes Wasser in einem kleinen Glaskolben lange kocht, so dafs die Luft aus dem oberen Theile des Kolbens ausgetrieben und durch Wassergas ersetzt wird, dann aber den Kolben während des Kochens luftdicht verkorkt, nachher durch Gefrieren dieses Wassers eine völlig luftfreie und durchsichtige Eismasse erhalten, in welcher sich das Eis vom Wasser nur durch die Zurückwerfung des Lichtes, von den Krystallflächen des Eises, unterscheiden läfst. Allein selbst dieses Eis ist leichter, als Wasser. Die Ausdehnung des Eises geschieht mit solcher Kraft, dafs eine kupferne Kugel oder ein Flintenlauf, wenn man sie voll Wasser füllt und stark zupfropft, beim Gefrieren des Wassers zerspringen.

Wasser, welches andere Stoffe, z. B. Salze, Säuren, Alkohol u. dgl. mehr enthält, gefriert, mit wenigen Ausnahmen, langsamer, und das zwar um so mehr, je mehr es von diesen Beimengungen enthält. Wenn ein Theil einer solchen Auflösung gefriert, so friert gewöhnlich fast nur das Wasser und die rückständige Auflösung ist dann um so viel mehr concentrirt. Daher pflegt man auf diese Weise, z. B. Essig und Citronensaft, zu concentriren.

Das Eis ist wärmeleitend für alle Wärmegrade unter 0°, wiewohl es die Wärme sehr schlecht leitet. Ueber den Frostpunkt hinaus saugt es den Wärmestoff ein und verwandelt sich dadurch in Wasser. Durch Reiben kann es elektrisch werden und ist sonach ein Nichtleiter für die Elektricität. — Wenn das Eis aufthaut, erhalten sich die regelmäfsigsten Krystalle, nebst den zuerst gebildeten Nadeln, länger, als das übrige, minder regelmäfsig angeschossene. Beim Schmelzen zu Wasser von 0° Temperatur bindet es eben so viel Wärmestoff, als zur Erwärmung einer gleichen Menge eiskalten Wassers bis +80° erforderlich sein würde.

Das Wasser in flüssiger Gestalt ist, wie alle Flüssigkeiten, wenig elastisch, und läfst sich so unmerklich wenig zusammendrücken, dafs man es für unmöglich gehal-

ten hat, es in ein engeres Volumen zu zwängen. Der Druck einer ganzen Atmosphäre vermindert seinen Umfang kaum um 0,000045, allein durch seine eigene Schwere wird es dennoch in Seen und im Meere so zusammengedrückt, dafs dessen Dichtigkeit von der Oberfläche nach dem Boden zu immer mehr zunimmt. Die Zusammendrückung des Wassers war lange Zeit schwer zu bestimmen, weil die Gefäfse, worin diefs geschah, durch den Druck ausgedehnt werden konnten, bis Perkins darauf kam, den Apparat, worin die Zusammendrückbarkeit des Wassers bestimmt werden sollte, mit gleich stark comprimirtem Wasser zu umgeben. Dieser Apparat ist dann von Örsted so vereinfacht worden, dafs der Versuch nun zu denjenigen gehört, welche mit der gröfsten Leichtigkeit in einer Vorlesung gezeigt werden können. Sein specifisches Gewicht wird zu 1,000 angenommen und dient zum Mafsstabe für die specifischen Gewichte aller anderen Körper. Reines Wasser hat weder Farbe, Geruch, noch Geschmack und ist an und für sich selbst völlig unveränderlich.

Das Wasser wird durch den Wärmestoff ausgedehnt, wie alle andere Körper; allein diese Ausdehnung unterscheidet sich auf eine merkwürdige Weise von der Ausdehnung anderer Körper. Sie ist sehr gering und macht von 0° bis + 100° nur 0,012 vom Volumen des Wassers aus. — Dabei ist die Dichtigkeit des Wassers nicht bei 0° am gröfsten, sondern tritt erst bei +4°,1 über dem Gefrierpunkte ein; von diesem Punkte an dehnt es sich beständig aus, sowohl beim Abkühlen, als bei der Erwärmung, so dafs es bei 0° genau dasselbe Volumen, wie bei +9° einnimmt. Dieser Umstand läfst sich durch einen sehr einfachen Versuch darthun. Man stellt nämlich in ein Glas mit Wasser von +0° zwei Thermometer, so dafs die Kugel des Einen ein Stückchen über der andern steht. So wie nun das Wasser erwärmt wird, steigt das Thermometer, dessen Kugel zu unterst steht, weil das wärmere Wasser in dem kältern niedersinkt. Ist das unterste bis zu +4°,1 gekommen, so steigt es nicht

mehr; allmählich aber steigt das obere bis zu +4°,1, und beide stehen nunmehr gleich. Hat dieſs einige Augenblicke gedauert, so steigt das obere in weit schnellerem Verhältnisse, als das untere, weil nunmehr das erwärmte Wasser auf dem kälteren schwimmt. Indeſs kann der angeführte Versuch nie so scharf werden, daſs er mehr als eine Approximation zu dem richtigen Thermometerstande gebe, und viele Physiker haben auf verschiedene Arten hierüber Untersuchungen angestellt, deren Ausschlag zwischen 3 und 5 Grad variirte. Die ausführlichste Untersuchung hierüber wurde von Hällström in Åbo angestellt, und diese gab, bei Beobachtung und Correction aller Umstände, die irre führen konnten, die oben angeführte Gradzahl +4°,1.

Das Wasser bricht gleichwohl in diesem Zustande der höchsten Dichtigkeit das Licht nicht stärker, als bei niedrigeren Graden. Arago und Fresnel haben beobabtet, daſs das Brechungsvermögen desselben bis zum Gefrierpunkte beständig zunimmt, ganz so, als ob das Wasser bis zu seinem Erstarren sich fortdauernd zusammenzöge.

Diese in ihrer Art einzige Ausnahme von den, für die Einwirkung des Wärmestoffs auf liquide Körper, bestehenden Regeln, verdient um so mehr groſse Aufmerksamkeit, weil, wenn sich dieſs nicht so verhielte, ein groſser Theil der kälteren Zonen unseres Erdballs unbewohnt bleiben würde. Das Wasser würde nämlich im Winter ziemlich bald, selbst in den gröſseren Seen, bis 0° und darunter abgekühlt werden, und seiner ganzen Masse nach auf Einmal erstarren, alle Fische würden sterben, die übrigen Klassen der lebenden Wesen aber Mangel an flüssigem Wasser leiden und die Sommer kaum hinreichen, diese ungeheuren Eismassen wieder zu schmelzen. So aber sinkt das Wasser, sobald es bis zu +4°,1 abgekühlt ist, in den Seen zu Boden, und wenn endlich die ganze See diese Temperatur angenommen hat, so kann nur die Oberfläche derselben noch unter diese Temperatur hinab abgekühlt werden, weil nun das kältere Wasser leichter, als das warme, ist, und weil das Wasser,

wie alle tropfbare Flüssigkeiten, den Wärmestoff sehr langsam leitet. Der Grund der Seen behält daher die Temperatur von +4°,1, und das Wasser, welches aus ihnen ausfliefst, ist stets 3 bis 4° über den Eispunkt erwärmt, behält auch diese Temperatur auf dem Boden der Flüsse, so dafs selbst in unseren kältesten Wintern Ströme und grofse Bäche selten bis zum Boden ausfrieren.

Im Meere hingegen, wo das Wasser sehr viel Salz aufgelöst enthält, tritt, nach Marcets Versuchen, diese Abweichung nicht ein. Das salzige Meerwasser ist bei +4°,1 nicht am dichtesten, und hat keinen entsprechenden dichteren Punkt, sondern es zieht sich beständig zusammen, bis es gefriert, und auch dann erstarrt nur das Wasser, das Salz aber bildet mit dem ungefrorenen Wasser eine um so mehr concentrirte und schwerere Flüssigkeit; daher auch auf dem Meere nur die Oberfläche des Wassers zu Eise gefrieren kann.

Hällström hat folgende Tabellen über die Volum-Veränderungen des Wassers nach verschiedenen Wärmegraden, bei den gewöhnlichen Temperaturen der Luft, gegeben, wobei er, durch Anwendung des Probabilitäts-Calculs, bestimmte, dafs die Unsicherheiten in den angegebenen Gewichten 0,0000035 betragen, und folglich nur die zwei letzten Decimalzahlen betreffen.

Tabelle über das spec. Gewicht und das Volum des Wassers von 0° bis 30° Temperatur.

Temperatur.	Specifisches Gewicht.	Volum.
0°	1,	1,
1	1,0000466	0,9999536
2	1,0000799	0,9999202
3	1,0001004	0,9998996
4	1,00010817	0,9998918
4,1	1,00010824	0,99989177
5	1,0001032	0,9998968

Tem-

Temperatur.	Specifisches Gewicht.	Volum.
6	1,0000856	0,9999144
7	1,0000555	0,9999445
8	1,0000129	0,9999872
9	0,9999579	1,0000421
10	0,9998906	1,0001094
11	0,9998112	1,0001888
12	0,9997196	1,0002804
13	0,9996160	1,0003841
14	0,9995005	1,0004997
15	0,9993731	1,0006273
16	0,9992340	1,0007666
17	0,9990832	1,0009176
18	0,9989207	1,0010805
19	0,9987468	1,0012548
20	0,9985615	1,0014406
21	0,9983648	1,0016379
22	0,9981569	1,0018465
23	0,9979379	1,0020664
24	0,9977077	1,0022976
25	0,9974666	1,0025398
26	0,9972146	1,0027932
27	0,9969518	1,0030575
28	0,9966783	1,0033328
29	0,9963941	1,0036189
30	0,9960993	1,0039160

Tabelle über das spec. Gewicht und das Volum des Wassers, =1 genommen bei der Temperatur der gröfsten Dichtigkeit, =+4°,1 C.

Temperatur.	Specifisches Gewicht.	Volum.
0°	0,9998918	1,0001082
1	0,9999382	1,0000617
2	0,9999717	1,0000281
3	0,9999920	1,0000078
4	0,9999995	1,0000002

Temperatur.	Specifisches Gewicht.	Volum.
4,1	1,	1,
5	0,9999950	1,0000050
6	0,9999772	1,0000226
7	0,9999472	1,0000527
8	0,9999044	1,0000954
9	0,9998497	1,0001501
10	0,9997825	1,0002200
11	0,9997030	1,0002970
12	0,9996117	1,0003888
13	0,9995080	1,0004924
14	0,9993922	1,0006081
15	0,9992647	1,0007357
16	0,9991260	1,0008747
17	0,9989752	1,0010259
18	0,9988125	1,0011888
19	0,9986387	1,0013631
20	0,9984534	1,0015490
21	0,9982570	1,0017560
22	0,9980489	1,0019549
23	0,9978300	1,0021746
24	0,9976000	1,0024058
25	0,9973587	1,0026483
26	0,9971070	1,0029016
27	0,9968439	1,0031662
28	0,9965704	1,0034414
29	0,9962864	1,0037274
30	0,9959917	1,0040245

Von $+4°,1$ an dehnt es sich sodann allmählich aus, bis sein Volumen bei $+100°$ am gröfsten ist. Dann kommt das Wasser in's Kochen und wird in Gas verwandelt. Einige Augenblicke zuvor, ehe es zu kochen anfängt, hört man bisweilen einen tönenden Laut. Dieſs rührt daher, daſs die Blasen von Wassergas, welche sich auf dem Boden bilden, während des Aufsteigens sich ab-

kühlen und verdichten, wodurch ein luftleerer Raum entsteht, welcher von Wasser ausgefüllt wird und diesen Laut verursacht. Sobald die ganze Wassermasse die Temperatur von +100° angenommen hat, steigen die Dämpfe unverändert empor, der Laut verschwindet und es entsteht das gewöhnliche polternde Geräusch des Kochens. Um das Wasser vom Kochpunkte an in Gasgestalt zu verwandeln, wird eben so viel Wärme erfordert, als zur Erhitzung desselben von +100° bis +431° nöthig ist, das heifst 4,31 mal so viel Wärme, als zu Erhitzung desselben von 0° bis +100° erfordert wird. Nach Gay-Lussac nimmt ein gewisses Volumen Wasser, wenn es in Wassergas verwandelt wird, bei 76 Centimeter Barometerhöhe und +100° Temperatur, 1696,4 mal so viel Raum ein, als vorher in tropfbarflüssiger Gestalt.

Das Wassergas behält seine Gasgestalt, vom Kochpunkte an, bei allen höheren Graden in freier Luft, und wenn es nicht zusammengedrückt wird, beständig bei. Das Volumen des Wassergases vermehrt sich bei Zunahme der Wärmegrade, auf dieselbe Weise, wie es mit anderen Gasarten der Fall ist. Es hat einen so hohen Grad von Elasticität, das dasselbe, in die stärksten Gefäfse eingeschlossen, diese bei steigender Hitze zersprengt. Auf diese Eigenschaft des Wassergases gründen sich die Dampfmaschinen, oder unrichtig sogenannten Feuermaschinen. Das Wassergas hat, in seinem reinen Zustande, folgende Eigenschaften: Es ist ohne Farbe, Geruch und Geschmack. Es ist leichter als die Luft. Sein spec. Gewicht ist schwer durch Wägung auszumitteln; aber Gay-Lussac hat gezeigt, dafs von 2 Volum Wasserstoffgas und ein Volum Sauerstoffgas, 2 Volum Wassergas gebildet werden, woraus folgt, dafs dessen spec. Gewicht 0,6207 ist. Seine eigenthümliche Wärme ist 0,96; mit einem gleichen Gewichte Luft verglichen 3,136, und mit einem gleichen Gewichte flüssigen Wassers 0,8407. Diese letztere Vergleichung zeigt an, dafs der Wärmestoff, welcher erfordert wird, um die Temperatur des flüssigen Wassers um eine Anzahl Wärmegrade, z. B. 10 Grade, zu erhöhen,

sich verhält zu dem Wärmestoff, welcher erfordert wird, um die Temperatur des Wassergases um dieselbe Anzahl Grade zu erhöhen, wie 1,0000:0,8407.

Wird das Wassergas unter $+100^{\circ}$ abgekühlt, so verdichtet es sich wieder zu flüssigem Wasser. Geschieht diese Abkühlung in der Luft, so geht das Gas in den Mittelzustand über, in welchem wir es Dampf oder Dunst nennen (S. 48.) und bildet eine mit den Wolken gleichartige Zusammenhäufung von Wasser in seiner feinsten mechanischen Vertheilung. Das gefällte Wasser nimmt aber dabei nicht die Gestalt von Tropfen, sondern von kleinen unendlich feinen Bläschen an. Man kann sich davon leicht überzeugen, wenn man mit einem Mikroskop von $1\frac{1}{2}$ bis 2 Zoll Brennweite die Wasserdämpfe betrachtet, welche sich über einer etwas erhitzten dunklen Flüssigkeit, z. B. Kaffee oder Tinte, bilden; man sieht hier diese kleinen Bläschen sich nach mehreren Richtungen bewegen, nämlich nach den Luftströmen, welche durch die Erwärmung der Oberfläche der Flüssigkeit entstehen. Dasselbe kann man in den Wolken auf hohen Bergen, oder an einem neblichten Tage beobachten, wenn man mit einem ähnlichen Mikroskope nach einem dunklen Körper, z. B. dem Boden einer schwarzen Schnupftabacksdose, hin sieht. Hier und da sieht man zugleich einen wirklichen kleinen Tropfen durch den Brennpunkt des Vergrößerungsglases gehen, wodurch man in den Stand gesetzt wird, jene Bläschen damit zu vergleichen. Sie sind von verschiedener Größe; nach Saussure's Messungen beträgt der Durchmesser der kleinsten $\frac{1}{4500}$ Zoll, bei den größten aber $\frac{1}{2780}$ Zoll. — Wenn diese Bläschen an einander stoßen, so zerspringen sie und bilden einen kleinen Tropfen. — Geschieht die Abkühlung des Wassergases auf einer kalten Flüssigkeit oder auf einem festen Körper, so entsteht kein Dampf, sondern das Wasser setzt sich darauf gleich in völlig flüssiger Gestalt ab.

Was ich hier von der Verdichtung des Wassergases und von der Bildung der Wasserdämpfe gesagt habe, gilt auch für alle andere, durch Kochen verflüchtigte Flüssig-

keiten, die sich in der Luft oder auf kälteren Körpern verdichten.

Verdunstung. Luftwasser.

Läfst man Wasser in offener Luft stehen, so verliert es nach und nach am Gewichte und trocknet zuletzt ganz ein. Dieſs nennt man Verdunstung; sie geht um so schneller von statten, je höher die Temperatur ist, je gröfsere Oberfläche das Wasser hat, und je schneller die Luft darüber wechselt.

Man hat darüber gestritten, ob das Wasser hierbei von der Luft aufgelöst werde, wie ein Salz im Wasser, oder ob es in ein Gas verwandelt werde, welches nicht von der Luft, sondern bloſs von der Temperatur herrühren würde. — Die letztere Meinung ist durch genaue Versuche bestätiget worden. Man hat nämlich Wasser in den luftleeren Raum des Barometers eingeschlossen, und gefunden, daſs dasselbe hier eben so gut, als in freier Luft, Gasgestalt annimmt, und daſs bei gleichem Thermometergrade eine gleich groſse Menge Wasser in Dämpfe verwandelt wird, als wenn die Luft zugleich Zutritt hat. Auch sind wir durch diesen Versuch belehrt worden, daſs unsere Erde, sie möchte nun von atmosphärischer Luft umgeben sein oder nicht, dennoch eine Atmosphäre von Wassergas um sich haben würde, deren Quantität von der Temperatur abhinge, und bei gleichen Temperaturen, mit oder ohne Luft, immer gleich groſs sein würde.

Dieſs beweist sonach, daſs die chemische Verwandtschaft der Luft zum Wasser dessen Verdunstung nicht vermehrt, und das um so mehr, als alle Gasarten bei gleichen Temperaturen gleiche Wassermengen aufnehmen. Auf der anderen Seite scheint damit im Widerspruche zu stehen, daſs die Verdunstung des Wassers durch Luftwechsel oder Wind vermehrt wird, und daſs das Wasser dabei so viel Wärmestoff bindet, daſs dessen verdunstende Oberfläche dadurch abgekühlt wird. Dieser Widerspruch

ist indessen nur scheinbar, denn der Luftwechsel erleichtert die Verdunstung nur in so weit, als er das über der Wasserfläche stehende Wassergas fortführt. Wenn man sich eine verdunstende Wasserfläche vorstellt, findet man, dafs sich in der nächsten oberen Luftschicht eine Lage von Wassergas bilden mufs, welche auf ihr aufruht, und von dem neu hinzukommenden Gase gehoben werden, dadurch aber die Verdunstung immer langsamer fortschreiten mufs, je dicker diese Lage von Wassergas wird. Das Wassergas wirkt hier der Verdunstung theils durch seine Schwere entgegen, theils durch seine Trägheit (*vis inertiae*, oder den Widerstand, den ein jeder ruhender Körper gegen denjenigen ausübt, welcher ihn in Bewegung setzen will). Die Luft ist demnach mehr ein Hinderniſs der Verdunstung, als ein Beförderungsmittel derselben, weil sie den Raum einnimmt, in welchem sich das Wassergas ausbreiten würde. Daher geht die Verdunstung auf hohen Bergen, in einer dünneren Luft, weit schneller von statten, wo das Wassergas mehr Raum zu seiner Ausbreitung hat; und im luftleeren Raume verbreitet sich das Verdunstende mit der Geschwindigkeit einer abgeschossenen Kanonenkugel.

Ueberdiefs mufs die Verdunstung die verdunstende Oberfläche abkühlen, ungeachtet das Aufsteigen des Wassers in Gasgestalt nur durch die Wärme dieser Oberfläche bestimmt wird. Denn wenn eine Wasserfläche z. B. bei $+15°$ in trockener Luft (d. h. in solcher, welche nicht vorher schon Wassergas enthielt) verdunstet, so steigt das erste Gas mit der Expansionskraft *) des Wassers auf, welche das letztere bei $+15°$ besitzt. Das Wasser mufs aber, um sich in Gas zu verwandeln, Wärmestoff binden, und dadurch die Fläche, von welcher es in Gasgestalt aufsteigt, abkühlen. Hätte diese Abkühlung $\frac{1}{2}$ Grad betragen, so behielte das zurückgebliebene Wasser $+14\frac{1}{2}$ Grad und verdunstete nun mit der ihm bei diesem Wär-

*) Hierunter versteht man den Grad des Strebens flüchtiger Körper nach Gasgestalt, wovon weiter unten die Rede sein wird.

megrade zukommenden Expansionskraft. Wenn nun zugleich das neugebildete Wassergas entfernt wird, so geschieht die Verdunstung um so viel schneller, und die Abkühlung wird verhältnifsmäfsig desto stärker, weil die verlorene Wärme des Wassers nicht mit gleicher Schnelligkeit von der Luft und den benachbarten Körpern hinlänglich ersetzt wird. Dadurch kann das Wasser bei niedrigen Wärmegraden in trockener Luft bis zum Gefrieren abgekühlt werden, und Aether, Schwefel-Kohlenstoff und andere sehr flüchtige Körper können aus ganz gleichem Grunde bei der Sommer-Temperatur der Luft, durch Verdunstung auf die angegebene Weise, einen noch weit höheren Kältegrad hervorbringen. Jede verdunstende Oberfläche mufs daher eine niedrigere Temperatur, als die benachbarten Körper, haben, und das um so viel mehr, je schneller die Verdunstung vor sich geht, und je weniger der Wärmestoff von den Umgebungen vollständig ersetzt wird.

Aus allem diesen ergiebt sich, dafs der Wassergehalt der Atmosphäre nicht von dem Lösungsvermögen der Luft herzuleiten ist, sondern dafs das in derselben enthaltene Wasser ein wahres Wassergas sei, welches unabhängig von ihr, bei unveränderlicher Temperatur, bis zu einer unveränderlichen Menge den Erdkreis umgeben würde. — Weil ich hier vom Gas rede, mufs ich nochmals an den Unterschied zwischen Gas und Dunst oder Dampf erinnern, dafs nämlich der letztere ein in der Luft niedergeschlagenes Gas ist, in welchem der, aus der Gasgestalt versetzte Stoff sich noch in der feinsten mechanischen Zertheilung, in Gestalt eines unklaren Rauches, schwebend erhält; — vor allen Dingen aber darf man nicht das unbeständige Gas mit dem Dampfe verwechseln, obschon manche Schriftsteller unrichtiger Weise beide als gleichbedeutend betrachten.

Das Wassergas hat auch die allen Gasarten gemeinschaftliche Neigung, sich stets mit anderen Luftarten zu vermischen; daher breitet es sich überall in der Luft aus, so dafs der Druck der Atmosphäre der Verdunstung des

Wassers nur in sofern hinderlich ist, als er die Ausbreitung des Wassergases erschwert. Ueberhaupt kann die Verdunstung keinesweges durch den Druck irgend einer anderen Gasart verhindert werden, als durch das Wassergas selbst, oder überhaupt durch dasjenige Gas, welches durch die Verdunstung selbst erst neu gebildet wird. Defshalb geht die Verdunstung desto schneller vor sich, je weniger Wassergas in der Luft enthalten ist, und hört so gut als ganz auf, wenn diese so viel Gas aufgenommen hat, als sich bei der Temperatur der verdunstenden Oberfläche darin erhalten kann.

Alles was ich hier vom Wasser gesagt habe, gilt auch von allen andern flüchtigen Körpern, z. B. Aether, Alkohol, Schwefel, Phosphor, Schwefelsäure, Quecksilber u. dgl. m., obgleich die Verdunstung bei den letztern, weniger flüchtigen Körpern so wenig bedeutend ist, dafs sie bei der gewöhnlichen Temperatur der Luft für 0 angesehen werden kann.

Wenn Wasser oder irgend eine andere flüchtige Flüssigkeit verdunstet, und das Gas davon mit der Luft sich vermengt, so wird die ganze Masse der Luft dadurch um so viel schwerer, als die zugetretene unbeständige Gasart mehr, als die Luft für sich, wiegt, und folglich mufs dieselbe auch eine um so viel höhere Quecksilbersäule tragen. Man kann sich hiervon leicht durch einen ganz einfachen Versuch überzeugen. Man biege nämlich eine Glasröhre, von $\frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{4}$ Zoll innerem Durchmesser, in Gestalt eines Hebers (Siphon) zusammen und schmelze den einen Schenkel derselben am Ende zu. In den offenen Schenkel gieſse man dann so viel Quecksilber, dafs es etwas über die Hälfte des Schenkels zu stehen kommt, lasse dann durch Neigung des Hebers aus dem andern verschlossenen Schenkel desselben so viel Luft heraus, dafs das Quecksilber in beiden Schenkeln in gleicher Höhe steht, wenn man den Heber aufrecht stellt. Ist dieſs geschehen, so befestige man den Heber in dieser Stellung. Hierauf binde man an das Ende eines geglühten und weichen Eisendraths ein kleines Stück feinen Wasch-

schwamm fest, welches man mit irgend einer flüchtigen Flüssigkeit, als Wasser, Alkohol oder Aether, angefeuchtet hat, und führe diesen Schwamm durch das Quecksilber hindurch in den verschlossenen Schenkel, wo man ihn einige Augenblicke läfst. Hier verdunstet nun die Flüssigkeit so lange, bis so viel von diesem Gase, als bei der bestehenden Temperatur sich erhalten kann, die Gasgestalt angenommen hat. Wenn man hierauf den Drath nebst dem Schwamme wieder heraus nimmt, bemerkt man, dafs das Quecksilber im offenen Schenkel höher als im anderen Schenkel steht. Beim Wasser beträgt dieser höhere Stand in der gewöhnlichen Luft-Temperatur nicht mehr als eine oder ein Paar Linien, beim Alkohol aber mehr, und beim Aether sogar ein Paar Zolle.

Stellt man den Versuch auf die Art an, dafs man mehrere Barometerröhren mit Quecksilber füllt und sie dann umgekehrt in ein mit Quecksilber gefülltes Gefäfs neben einander stellt, so wird man (wenn von diesen Röhren, vor der Füllung mit Queksilber, das eine völlig rein und ausgetrocknet gewesen, das zweite aber mit Wasser, das dritte mit Alkohol und das vierte mit Aether angefeuchtet worden ist) finden, dafs das Quecksilber in allen diesen Röhren eine ungleiche Höhe einnimmt, und dafs es hier bei derjenigen Flüssigkeit am niedrigsten steht, bei welcher es im vorigen Versuche den höchsten Stand einnahm. In beiden Fällen wirkt aber einerlei Ursache; im ersteren nämlich hebt die Schwere des unbeständigen Gases eine Quecksilbersäule bis zu einer gewissen Höhe; im letztern Falle hingegen ersetzt die Schwere des unbeständigen Gases eine gleich hohe Quecksilbersäule, um der Atmosphäre das Gleichgewicht zu halten.

Man bedient sich der Höhe der Quecksilbersäule als eines Maafses für die Neigung flüchtiger Flüssigkeiten, Gasgestalt anzunehmen, und nennt diese Neigung deren Expansionskraft oder Tension; so sagt man z. B., die Tension des Wassers betrage bei $+15°$ Wärme $\frac{1}{2}$ Zoll, oder genauer 12,837 Millimeter, weil das Wassergas bei

dieser Temperatur eine Quecksilbersäule von dieser Höhe tragen kann. Folgende (aus Biots *Traité de Physique experimentale et mathematique, T.* I. *S.* 531. entlehnte) Tabelle zeigt die

Tension des Wassers in Millimetern für jeden Grad des hunderttheiligen Thermometers.

Grade.	Tension.	Grade.	Tension.	Grade.	Tension.
— 20	1,333	+ 8	8,375	+ 36	42,743
— 19	1,429	9	8,909	37	45,038
— 18	1,531	10	9,475	38	44,579
— 17	1,638	11	10,074	39	50,147
— 16	1,755	12	10,707	40	52,998
— 15	1,879	13	11,378	41	55,772
— 14	2,011	14	12,087	42	58,792
— 13	2,152	15	12,837	43	61,958
— 12	2,302	16	13,630	44	65,627
— 11	2,461	17	14,468	45	68,751
— 10	2,631	18	15,353	46	72,393
— 9	2,812	19	16,288	47	76,205
— 8	3,005	20	17,314	48	80,195
— 7	3,210	21	18,317	49	84,370
— 6	3,428	22	19,417	50	88,742
— 5	3,660	23	20,577	51	93,301
— 4	3,907	24	21,805	52	98,075
— 3	4,170	25	23,090	53	103,06
— 2	4,448	26	24,452	54	108,27
— 1	4,745	27	25,881	55	113,71
0	5,059	28	27,390	56	119,39
+ 1	5,393	29	29,045	57	125,31
2	5,748	30	30,643	58	131,50
3	6,123	31	32,410	59	137,94
4	6,523	32	34,261	60	144,66
5	6,947	33	36,188	61	151,70
6	7,396	34	38,254	62	158,96
7	7,871	35	40,404	63	166,56

Grade.	Tension.	Grade.	Tension.	Grade.	Tension.
+ 64	174,47	+ 87	467,38	+ 110	1066,06
65	182,71	88	486,09	111	1100,87
66	191,27	89	505,38	112	1136,43
67	200,18	90	525,28	113	1172,78
68	209,44	91	545,80	114	1209,90
69	219,06	92	566,95	115	1247,81
70	229,07	93	588,74	116	1286,51
71	239,45	94	611,18	117	1325,98
72	250,23	95	634,27	118	1366,22
73	261,43	96	658,05	119	1407,24
74	273,03	97	682,59	120	1448,88
75	285,07	98	707,63	121	1491,58
76	297,57	99	733,46	122	1534,89
77	310,49	100	760,00	123	1578,96
78	323,89	101	787,27	124	1623,67
79	337,76	102	815,26	125	1669,31
80	352,08	103	843,98	126	1715,58
81	367,00	104	873,44	127	1762,56
82	382,38	105	903,64	128	1810,25
83	398,28	106	934,81	129	1858,63
84	414,73	107	966,31	130	1907,67
85	431,71	108	994,79		
86	449,26	109	1032,04		

Wenn wir zu dem oben angeführten Beispiele vom Heber zurückkehren, und uns vorstellen, daſs das Glas des zugeblasenen Schenkels desselben das Vermögen besitze, sich auszudehnen, so sollte das Quecksilber im offenen Schenkel herabsinken, während die Luft im anderen Schenkel durch das hinzugekommene Volumen des Wassergases ihren Umfang erweitert. Allein, wenn man die Expansionskraft oder Tension der verdunsteten Flüssigkeit kennt, so ist leicht zu berechnen, um wie viel die Luft durch den Zutritt derselben ausgedehnt wird, weil die Summe der Tensionen von beiden dem Drucke der Atmo-

sphäre das Gleichgewicht halten, das heifst: der Barometerhöhe, bei welcher der Versuch gemacht wird, gleich sein mufs. Nehmen wir an, dafs wir bei 76 Centimeter Barometerhöhe eine Flüssigkeit, deren Tension 38 Centimeter beträgt, in der Luft verdunsten lassen; so bleibt die Summe der Tensionen von beiden, so lange sie eingeschlossen sind, 1,14 Meter; erhalten sie aber Freiheit sich auszudehnen, so vermehrt sich ihr Volumen, bis ihre gemeinschaftliche Tension nur noch 76 Centimeter beträgt. Dann wird aber das Volumen der Luft verdoppelt, so dafs deren Tension nur 38 Centimeter ausmacht, d. h. das Volumen des zugetretenen Gases war dem Volumen der Luft gleich. Beträgt hingegen die Tension der Flüssigkeit 19 Centimeter; so mufs sich die Luft ausdehnen, bis ihre Tension 57 Centimeter wird, d. h. ihr Volumen vermehrt sich um $\frac{1}{4}$; denn $19:76=1:4$, und das Volumen des neugebildeten Gases macht $\frac{1}{4}$ vom Volumen der Luft aus. Wäre ferner die Tension der Flüssigkeit 72 Centimeter (z. B. wie die des Aethers nahe an seinem Siedepunkte), so müfste die Luft sich so weit ausdehnen, bis ihre Tension nur noch 4 Centimeter betrüge, d. h. um ihr 19faches; weil $4:76=1:19$. Wir wählen noch ein Beispiel aus Biots Tabelle. Wir sehen aus dieser, dafs die Tension des Wassers bei $+18°=15{,}353$ Millimeter beträgt, d. h. dafs die eigenthümliche Expansion der Luft dann 744,647 Millimetern entsprechen mufs. Da nun $15{,}35:760=1:49{,}5$, so mufs die Luft sich um 1 Procent ihres Volumens ausgedehnt haben, welches das Volumen des gasförmigen Wassers ausmacht.

Die Tension aller flüchtigen Flüssigkeiten ist bei dem Siedepunkte sich gleich (d. h. = mit dem Barometerstande), und da alle Gase vom Wärmestoffe gleichförmig ausgedehnt werden, so sollte man glauben, dafs bei einer gleichen Anzahl von Graden über ihren Siedepunkt hinaus die Tension derselben gleichförmig zunehme. Dasselbe würde dann auch für die Abnahme ihrer Tension unter ihrem Siedepunkte gelten, so dafs dieselbe bei einer gleichen Anzahl Graden unter ihrem Kochpunkte auch

für alle und jede flüchtige Flüssigkeit sich gleich bleibe. Z. B. das Wasser kocht bei +100°, der Alkohol bei +80° und der Aether bei +39°; daher sollte das Wasser bei +80°, der Alkohol bei +60° und der Aether bei +19° gleiche Tension haben, weil alle drei 20° unter ihrem Siedepunkte abgekühlt worden sind. Dalton und Gay-Lussac haben dieses mit Versuchen zu bestätigen gesucht. Gay-Lussac giebt an, dafs, wenn man einmal den Siedepunkt irgend einer flüchtigen Flüssigkeit bei 76 Centimeter Barometerhöhe bestimmt hat, die oben mitgetheilte Tabelle über die Tension des Wassers zur Flüssigkeit brauchbar ist, sobald man deren Siedepunkt an die Stelle des Siedepunkts vom Wasser setzt und dann eine gleiche Anzahl Grade ab- und hinzurechnet. Versuche aber, die nachher von Ure und Despretz mit Alkohol, Aether und flüchtigen Oelen angestellt worden sind, scheinen dieser Annahme nicht günstig zu sein. Wir müssen daher über diesen Gegenstand neue Aufschlüsse erwarten.

So wie sich ein unbeständiges Gas bei der Verdunstung in der Luft verhält, eben so verhält es sich auch, wenn es in einer anderen unbeständigen Gasart verdunstet. Daher kann man bei der Destillation zweier mit einander gemengter, aber nicht chemisch verbundener, Flüssigkeiten, wenn man den Siedepunkt beider kennt, das relative Volumen, welches von ihnen in Gasgestalt übergeht, im voraus bestimmen, und wenn auch das specifische Gewicht ihrer Gase bekannt ist, läfst sich sogar die relative Gewichtsmenge, die von beiden überdestillirt, im voraus berechnen (wenn man nämlich die Tension einer jeden Flüssigkeit bei dem Siedepunkte des Gemenges mit dem specifischen Gewichte ihres Gases multiplicirt).

Das Wasser verliert an seiner Neigung zum Verdunsten, d. h. an seiner Expansionskraft oder Tension, wenn es andere Körper aufgelöst enthält, und erfordert dann zum Kochen eine um so höhere Temperatur, je gröfser seine Verwandtschaft zu den aufgelösten Stoffen ist. Es hat zwar dann bei einer gleichen Anzahl Graden unter

dem höheren Siedepunkte gleiche Tension mit reinem Wasser; allein sie wird durch die Verdunstung des Wassers und der relativen Menge der darin aufgelösten Stoffe verändert, und die Tension wird daher immer schwächer und schwächer, und der Kochpunkt höher, jemehr sich die Flüssigkeit concentrirt. Ist dann die Flüssigkeit mit den aufgelösten Stoffen völlig gesättigt, so bleibt die Tension und der Kochpunkt unveränderlich. Gewisse Körper verbinden sich mit dem Wasser mit solcher Kraft, daſs dessen Tension $=0$ wird; dieſs geschieht aber nur dann, wenn das Wasser eine chemische Verbindung mit den stärkeren Säuren oder den stärkeren Basen eingeht.

Das in der Luft enthaltene Wassergas, oder die Feuchtigkeit der Luft, kann durch unendlich viele Umstände Veränderungen erleiden. So verändert sie sich nach der Beschaffenheit des Landes; sie ist gröſser am Meere und in der Nachbarschaft groſser Seen, geringer auf dem festen Lande, und wenn es lange nicht geregnet hat. Hauptsächlich hängen ihre Veränderungen von der Temperatur ab. Wenn diese in einer Luft abnimmt, welche mit so viel Wassergas gemengt gewesen ist, als dieselbe bei diesem Wärmegrade hat aufnehmen können, d. h. welche mit Feuchtigkeit gesättiget gewesen ist; so verliert ein Theil des Wassergases seine Luftgestalt, wird niedergeschlagen und in Dünste verwandelt. Die Durchsichtigkeit der Luft wird dadurch vermindert, und sie wird, je nachdem die Menge des gefällten Wassers gröſser oder kleiner ist, mehr oder weniger undurchsichtig und nebelartig. Wenn man z. B. im Winter, bei sehr strenger Kälte, eine Thür öffnet, so strömt ein Theil der äuſseren kalten Luft unten herein, vermengt sich mit der wärmeren Zimmerluft, und es wird, wenn die Sonne hinein scheint, eine Wolke sichtbar. Diese Wolke ist nichts anderes, als der Wasserdampf, der sich aus der wärmeren Stubenluft niederschlägt, wenn sie durch die von aufsen eindringende kalte Luft abgekühlt wird. Bei gewöhnlicher Kälte geschieht dieſs selten, weil da die eindringende kalte Luft sogleich bis zu einem Grade erwärmt wird, bei welchem

sich das Wassergas erhalten kann. Aus demselben Grunde erscheint die ausgeathmete Luft im Winter, nicht aber im Sommer, in Gestalt eines Rauches; denn die Winterkälte schlägt das Wassergas nieder, welches beim Ausathmen von der inneren Oberfläche der Lungen ausdünstet; im Sommer aber bleibt es gasförmig und breitet sich in der wärmeren Luft aus. Ist jedoch diese schon vorher mit Feuchtigkeit gesättiget, wie während oder zunächst vor einem Regen, so kann man den Hauch des Athems oft selbst bei 18 und 20 Grad Wärme noch sehen, wiewohl er weit schwächer als im Winter sichtbar ist.

Wenn man einen sehr kalten Körper in warme Luft bringt, so überzieht er sich mit Wasser, oder beschlägt, wie man zu sagen pflegt. Dieses Wasser schlägt derselbe aus der Luft nieder, indem er die ihn umgebenden Luftschichten abkühlt, und dem darin enthaltenen Wassergase seinen Wärmestoff entzieht. Wir sehen dieſs an frisch gefüllten Wasserflaschen und im Winter an unseren Fensterscheiben. Die Luft in unseren Zimmern hat gewöhnlich $+18°$ bis $+20°$ Wärme, und enthält zugleich sehr viel Wassergas durch unser Athmen und unsere Ausdünstung; diese Luft wird aber im Winter durch die kälteren Fensterscheiben fortdauernd abgekühlt, daher sich das Wasser auf diesen niederschlägt, und, bei hinreichender Kälte, in Eis verwandelt wird. Ist die Luft im Zimmer sehr trocken, so beschlagen die Fenster nicht, wenn auch die innere und äuſsere Temperatur sehr verschieden ist. Bringt man aber eine Schaale mit warmen Wasser in das Zimmer, durch dessen Verdunstung die Luft ihre volle Sättigung mit Wassergas erhält; so fangen sie nach wenigen Minuten an zu beschlagen.

Aufserdem wird der Wassergehalt der Luft auch verändert, durch lebendige Thiere und Pflanzen, deren stete Ausdünstungen ihn vermehren, so wie durch verschiedene Salze und durch eine Menge anderer auf der Erdoberfläche befindlichen Körper, welche, durch ihre Verwandtschaft zum Wasser, dasselbe aus seiner Gasgestalt in der Luft niederschlagen und deren Feuchtigkeit dadurch vermindern.

Die Eigenschaft poröser Körper, gasförmige Stoffe in ihre Zwischenräume aufzunehmen und zusammenzudrükken, äufsert sich weit stärker auf das in der Luft befindliche Wassergas, als auf die beständigen Gasarten. Das Wasser wird von ihnen in bedeutender Menge condensirt, und wir sagen daher, dafs diese Körper Feuchtigkeit einsaugen. Werden sie dann in einer kleinen Glasretorte, oder in einer, an dem einen Ende zugeblasenen, Glasröhre erhitzt; so geben sie das Wasser wieder von sich, welches sich in Tropfen an dem kälteren Theile der Röhre anlegt. Körper, deren Poren so weit sind, dafs sie beständige Gasarten nicht bedeutend einsaugen, verdichten dennoch die unbeständigen Gase, und daher kommt es, dafs gepulverte Körper, wenn man sie einige Stunden stehen läfst, selbst in trockener Luft, Wassertropfen geben, wenn man sie auf die angeführte Weise in einer Glasretorte oder Glasröhre erhitzt. Werden sie nach der Erwärmung wieder herausgenommen, so ziehen sie wieder, wie vorher, Feuchtigkeit an. Die Mengen des auf diese Weise condensirten Wassers sind, nach der verschiedenen Natur der Körper und nach dem ungleichen Wassergehalte der Luft verschieden. In einer feuchten Luft wird mehr Wassergas condensirt, und wenn die Luft trockener wird, verdunstet wieder ein Theil des verdichteten Wassergases. Aus dieser Ursache ist es sehr schwierig, gepulverte Körper zu sehr feinen chemischen Versuchen abzuwägen, weil sie, wenn auch durch Glühen alles Wasser aus ihnen ausgetrieben ist, während des Wägens wieder so viel Wasser aus der Luft verdichten, dafs es Einfluſs auf den Erfolg der Versuche haben kann. In feuchter Luft darf deshalb, nach meinen Erfahrungen, kein gepulverter Körper gewogen werden, wenn man recht genaue Untersuchungen anstellen will.

Die Lehre vom Messen des Wassergas-Gehalts der Luft nennt man Hygrometrie, und die dazu bestimmten Instrumente Hygrometer oder Hygroskope. Die Feuchtigkeit der Luft steht, nach dem, was ich darüber angeführt habe, in genauem Verhältnisse mit der Temperatur,

ratur, so dafs sie mit derselben Menge Wassergas, die ihr z. B. bei +5° das Maximum von Feuchtigkeit giebt, bei +20° ganz trocken sein kann. Das Hygrometer soll uns daher unterrichten, bei welchem Wärmegrade die Luft, mit dem Wassergase, welches sie enthält, ihr Maximum an Feuchtigkeit erreicht haben würde; oder, um einen bestimmteren Ausdruck zu brauchen: welcher Wärmegrads-Expansionskraft ihr Gehalt an Wassergas entspreche; folglich, um wie viel die Luft abgekühlt werden könne, ohne etwas von ihrem Wasser abzusetzen, oder wie viel Wassergas sie, aufser demjenigen, welches sie schon vorher enthielt, noch aufzunehmen vermöge.

Um nun zu finden, welchem Grade der Temperatur der Wassergehalt der Atmosphäre entspricht, füllt man Wasser in ein längliches cylindrisches Glasgefäfs; beschlägt das Glas, so wird das Wasser wieder ausgegossen, das Glas äufserlich wieder völlig gut abgetrocknet, und das Wasser abermals hineingegossen. Setzt sich wieder Feuchtigkeit an das Glas an, so wird es nochmals ausgefüllt und äufserlich sorgfältig getrocknet, und dieſs so oft wiederholt, als das Glas nach dem Füllen mit Wasser äufserlich noch beschlägt. Dann untersucht man die Temperatur des Wassers, welche nun zu erkennen giebt, bei welchem Wärmegrade die Luft mit der Menge Wasser, die sie enthält, gesättiget sein würde; wenn man dann auf der Tabelle diesen Wärmegrad aufsucht, so findet man die Expansionskraft des Wassergases, welche durch die Höhe der Quecksilbersäule ausgedrückt ist, die sie zu tragen im Stande sein würde.

Noch genauer und leichter kann der Wassergehalt der Luft bestimmt werden, wenn man sich eine Thermometerkugel von Stahl oder Silber machen, sie äufserlich aufs feinste poliren läfst, und eine Thermometerröhre von gehöriger Länge luftdicht in sie einkittet. Das Thermometer wird auf die gewöhnliche Weise mit Quecksilber, oder, bei einer Silberkugel, mit gefärbtem Alkohol gefüllt. Will man nun den Wassergehalt der Luft prüfen, so nimmt man kaltes Wasser, oder macht sich, wenn es

nicht kalt genug zu haben ist, erkältende Gemenge von Salmiak mit Wasser oder Schnee. Man umgiebt dann die Thermometerkugel mit einem wasserdichten Futterale von Wachstaffet und steckt sie in das kalte Wasser; bei jeden ein oder zwei Graden, um welche das Thermometer sinkt, nimmt man es aus seinem Futterale heraus, um nachzusehen, ob die Kugel beschlägt. Endlich kommt man dabei auf einen Punkt, wo sie beim Herausnehmen sich mit einem Hauche überzieht, der aber schnell wieder vergeht. Man betrachtet nun diesen Wärmegrad und findet dabei in der Tabelle die Expansionskraft des Wassergehalts der Luft. Je gröfser der Unterschied zwischen der Lufttemperatur und dem gefundenen Wärmegrade ist, desto trockener ist die Luft, und umgekehrt. Wenn z. B. die Temperatur der Luft $+20°$ ist, und das Hygrometer beschlägt erst dann, wenn es bis zu $+8°$ abgekühlt ist; so ergiebt sich daraus, dafs die Luft um $+12°$ abgekühlt werden konnte, ehe sie etwas Wasser absetzte, und dafs alle Verdunstung mit einer Kraft geschehen mufste, welche gleich ist dem Unterschiede zwischen der Expansionskraft des Wassers bei $+8°$ und bei $+20°$.

Daniell hat ein sehr brauchbares Hygrometer eingerichtet, das aus einem Cryophor (s. S. 66.) besteht, in welchen, statt Wasser, Aether eingeschlossen wird, und in dessen einem Schenkel ein kleines Thermometer steht. Die Kugel des Thermometers ist länglich, und steht zur Hälfte unter der Oberfläche des Aethers. Wird die leere Kugel des Cryophors mit Eis oder im Sommer auf die Weise abgekühlt, dafs man sie mit Musselin umbindet und diesen mit Aether befeuchtet, so entsteht eine Verdunstung des Aethers in der andern Kugel, welche dadurch abgekühlt wird, so dafs sie anfängt sich von Aufsen mit Wasserdunst zu beschlagen. Das Thermometer zeigt dann inwendig die Temperatur der Kugel an.

Man hat noch verschiedene andere Instrumente zur Bestimmung der Luftfeuchtigkeit, die auf ganz anderen Grundsätzen beruhen und ein weit unvollkommneres Re-

sultat geben. Diese nennt man eigentlich Hygroskope, weil sie den Grad der Trockenheit der Luft nur ungefähr angeben. Von dieser Art sind: Saussure's Haar- und de Luc's Fischbein-Hygrometer, ingleichen die Hygrometer von Darmsaiten und Tannenbrettchen. Sie gründen sich sämmtlich darauf, dafs die Körper, aus welchen sie angefertiget sind, nach dem verschiedenen Feuchtigkeitszustande der Luft, mehr oder weniger Wasser aus derselben anziehen, und sich dadurch ausdehnen oder zusammenziehen.

Saussure's Haarhygrometer zeichnet sich vor andern durch seine Brauchbarkeit und durch die Richtigkeit seiner Resultate aus. Es giebt aber nicht, wie die oben angeführte Methode, den ganzen Gehalt der Luft an Wassergas, sondern nur deren relative Trockenheit, d. h. es zeigt, wie weit die Luft vom Maximum der Feuchtigkeit für die Temperatur, bei der die Beobachtung geschieht, entfernt ist.

Gay-Lussac ist es jedoch gelungen, eine Tabelle zusammen zu stellen, worin die Grade des Haarhygrometers in entsprechenden Tensionen des Wassergases angegeben sind; ich mufs aber, um mich hier nicht zu lange bei diesem Gegenstande aufzuhalten, meine Leser deshalb auf den Artikel Hygrometer im Anhange verweisen.

Leslie's Thermo-Hygrometer besteht aus zwei gleichgehenden Thermometern, wovon die Kugel des einen mit Leinwand umwickelt, und diese mit Wasser angefeuchtet wird. In feuchter Luft zeigen beide einerlei Temperatur; in trockener Luft hingegen steht das umwickelte desto tiefer, je trockener die Luft ist und je stärker die Kugel durch die Verdunstung abgekühlt wird. Leslie hat noch ein anderes Instrument zum Messen des Wassergehalts der Luft erfunden, welches aus einer Kugel von porösem Steingut besteht, in welche eine graduirte Glasröhre eingekittet ist; die Kugel wird durch die Röhre mit destillirtem Wasser gefüllt und die Oeffnung der Röhre verschlossen, damit die Höhe der Was-

sersäule nicht auf die Wände der Kugel drückt. Die poröse Masse der Kugel läfst nun das Wasser durchgehen, so dafs sich das Aeufsere der Kugel stets feucht hält. Je trockener die Luft ist, desto mehr Wasser verdunstet von der Oberfläche der Kugel und desto schneller sinkt das Wasser in der Röhre nieder. Wäre die Luft um die Kugel in voller Ruhe, so würde die Schnelligkeit des Herabsinkens des Wassers in der Röhre sich verhalten, wie die Trockenheit der Luft, und das Instrument würde ein Hygrometer sein; allein da die Bewegung der Luft die Verdunstung befördert, so kann es nur dazu dienen, die Stärke der Verdunstung zu messen, und Leslie hat es daher Atmometer, Verdunstungsmesser, genannt.

Die sowohl in chemischer als physischer Hinsicht interessante Lehre von der Verdunstung ist ein Resultat von den Untersuchungen der neuesten Zeit. Leroy, welcher die Behauptung vertheidigte, dafs das Wasser in der Luft eben so aufgelöst werde, wie ein fester Körper im Wasser, hat durch seine Versuche viel zur näheren Ausmittelung dieses Gegenstandes beigetragen. Er bediente sich zuerst eines mit Eis gemengten Wassers, das er mit einem Thermometer umrührte, um die Temperatur zu bestimmen, bei welcher die Aufsenseite des Glases zu beschlagen anfängt. De Luc, welcher Leroy's Ansichten verwarf, bildete sich ein, dafs das Wasser in der Luft auf eine uns unbekannte Weise in seine Bestandtheile zerlegt, und wenn der Himmel sich trübt und Regen zu fallen anfängt, wieder zusammengesetzt werde. Dalton bewies durch Versuche in der Barometer-Leere, dafs die Tension des Wassergases nicht von der Anwesenheit der Luft, sondern nur von der Temperatur abhänge; er bestimmte die Tension des Wassers bei verschiedenen Temperaturen (nach welchen Bestimmungen die oben mitgetheilte Biotsche Tabelle berechnet ist), und mittelte den gröfsten Theil der Gesetze für die Verdunstung flüchtiger Körper aus. Da er durch Versuche gefunden hatte, dafs Aetherdampf die nämliche Tension wie Wasserdampf hat, so zog er daraus den Schlufs, dafs alle unbeständige Gase

die nämliche relative Tension haben müssen, welches aber, wie wir gesehen haben, nicht der Fall zu sein scheint. Gay-Lussac bestätigte Daltons Angaben und brachte die Lehre von der Verdunstung flüchtiger Körper und deren Tension bei ungleichen Temperaturen in ein zusammenhängendes System.

Wasser-Meteore.

Der Wassergehalt der Luft ist unaufhörlichen Veränderungen unterworfen, die theils von der beständigen Bewegung, welche die ungleiche Vertheilung des Wärmestoffs in ihr verursacht, theils von dem geringern specifischen Gewichte der wassergashaltigeren Luft, und theils von der ungleichen Temperatur der verschiedenen Stellen des Erdbodens und der Luftschichten, herrühren.

Hörte die Sonne auf zu scheinen, so würde der tropfbarflüssige Theil der Erdmasse in der vollkommensten Ruhe bleiben, und die Luft stets eine unveränderliche Menge von Wassergas enthalten, welche der Expansionskraft des Wassers bei der bestehenden Erdtemperatur entspräche, wenn diese nicht etwa so absolut kalt wäre, daſs die Expansionskraft 0 würde. — So aber treffen die Sonnenstrahlen unsere Erde, werden von der festen Masse derselben zersetzt, und lassen dabei ihren Wärmestoff fahren; dadurch wird die unterste Schicht der Atmosphäre stark ausgedehnt und muſs in die Höhe steigen, um einer kälteren Luft Platz zu machen, welche überall in ihr niedersinkt und eine Art Bewegung in der Luft verursacht. Dabei erwärmen die Sonnenstrahlen die verschiedenen Theile der Erdoberfläche ungleich stark, das Land mehr, als das Wasser, welches den gröſsten Theil der Sonnenstrahlen zurückwirft, wodurch eine zweite, stärkere Bewegung der Luft verursacht wird. Endlich wird auch der mittlere Theil der Erde stark erwärmt, während um die Pole herum eine strenge Kälte herrscht, und hieraus muſs die stärkste Bewegung in der Atmosphäre entstehen. Denn über den erwärmten Erdstrichen muſs die

warme Luft stets emporsteigen und allmählich von der Luft aus den kälteren Gegenden wieder ersetzt werden, die höhere, wärmere und leichtere Luftsäule, welche emporstieg, mufs sich aber seitwärts wieder herabziehen und den Gegenden zuströmen, wo die kältere Luft herkam, und so im Grofsen ein ähnlicher Kreislauf in der Luft entstehen, wie ich oben beschrieben habe, wo von der Art der Erwärmung flüssiger Körper und von der Fortpflanzung des Wärmestoffs in denselben die Rede war. In diesem grofsen Kreislaufe müssen, durch die ungleiche Erwärmung einzelner Stellen u. s. w., noch tausend andere (kleinere Kreisläufe) sich bilden, und die Atmosphäre mufs auf diese Weise in einer unaufhörlichen Unruhe erhalten werden *).

Alle diese Veränderungen sind indessen sehr oft so unbedeutend, dafs sie von uns nicht wahrgenommen werden und weder Sturm noch Wind erzeugen, wovon ich bei der Atmosphäre einige Worte gesagt habe. Diese letzteren entspringen zwar ebenfalls aus jenen allgemeinen und langsameren Veränderungen in der Bewegung der Atmosphäre, stehen aber auch noch mit den Bewegungen des Barometers im Zusammenhange, deren Hauptursachen uns bis jetzt noch verborgen sind. Sie heben übrigens den Gang der, durch die ungleiche Erwärmung der Erdkugel entstehenden Bewegungen der Atmosphäre nicht auf, ob sie sie gleich stellenweise verändern.

Die Luft bleibt folglich über der Oberfläche des Erdbodens und der Seen niemals so lange stehen, dafs sie sich dem höchsten Grade der Feuchtigkeit nähern könnte. Vielmehr wird diese, durch Verdunstungen bis zu einem gewissen Grade feuchte Luft durch die mehr oder minder

*) Beispiele davon sieht man, wenn gröfsere oder kleinere Erdstrecken mit Wolken bedeckt sind und die Luft unter diesen abgekühlt wird. Wenn an einem klaren und warmen Sommertage eine kleine Wolke vor der Sonne vorbeizieht und diese bedeckt, so bemerkt man dabei immer einen, mehr oder weniger starken Luftzug, welcher nach dem Schatten hinströmt, weil sich die Luft hier abkühlt und zusammenzieht.

starken Bewegungen der Atmosphäre in Regionen des Luftkreises oder nach Gegenden der Erde geführt, wo sie abgekühlt wird und den (dieser Abkühlung) entsprechenden Theil ihres Wassers absetzt, welcher dann Wolken, Regen, Nebel u. dgl. m. bildet. Strömt nun diese, durch Erkältung von ihrer vorigen Feuchtigkeit befreite Luft wiederum nach wärmeren Ländern oder den unteren Regionen der Atmosphäre wieder zu, so ist sie, im Verhältnifs der Temperatur der letztern, im hohen Grade trocken und kann sich von neuem wieder mit Wassergas mengen. Wegen dieser unaufhörlichen Veränderungen kann der Gehalt der Luft an Wassergas niemals so gleichförmig sein, wie ihr Gehalt an beständigen gasförmigen Gemengtheilen ist, und durch diesen Umstand werden Quellen, Flüsse, Seen und zugleich die ganze lebende Natur erhalten.

Wolken und Regen.

Um die Bildung der Wolken und die Entstehung des Regens richtig zu begreifen, mufs man sich vorstellen, dafs beides über einem grofsen, gleichförmig erwärmten Landstriche und bei einer vollkommenen Ruhe in den oberen und unteren Regionen der Atmosphäre vor sich gehe. — Das Wasser der Seen, Flüsse und des feuchten Erdreichs verdunstet mit der, seiner Temperatur angemessenen Expansionskraft; die Luft aber, welche das hierbei entstehende Wassergas aufnimmt, wird theils durch dessen Beimengung, theils durch die Erwärmung vom Sonnenlichte, leichter, und mufs hierdurch aufsteigen und einer weniger feuchten Luft Platz machen. Sie zieht sich auf diese Weise nach und nach bis zu Luftschichten empor, wo sie so sehr abgekühlt wird, dafs das Wasser, welches sie mit sich führt, seine Gasgestalt nicht mehr behalten kann und in Gestalt eines Dampfes niedergeschlagen wird. Je wärmer die Luft und je weniger sie mit Wasser gesättiget ist, in desto gröfserer Höhe geht dieser Niederschlag vor sich, welcher nur dadurch sichtbar wird

und Wolken bildet, daſs die Masse der Dämpfe theils von der Sonne erleuchtet wird, theils diese verdeckt. Je dichter die Dämpfe sich zusammenhäufen, desto weniger durchsichtig werden sie, und desto dunkler erscheinen sie uns.

Die Wolken wachsen nach und nach, und erhalten sich, weil die kleinen Bläschen mit der Luft ziemlich gleiches specifisches Gewicht haben, einige Zeit in den höheren Regionen der Luft schwebend. Haben sie endlich einen gewissen Grad von Dichtheit erlangt, so fangen sie allmählich an sich zu senken, und wenn die Dämpfe nun wieder in eine niedrigere, wärmere Luftschicht kommen, werden sie nach und nach wieder aufgelöst, bis die Luft ihr Maximum von Feuchtigkeit erreicht hat. Man sieht dabei deutlich, wie ganze Wolken sich senken, ohne daſs noch ein Tropfen Regen gefallen ist. Die Luft zwischen der unteren Fläche der Wolken und der Erde wird dadurch ihrem höchsten Grade von Feuchtigkeit nahe gebracht, daſs die Wolken die Sonne verdecken, diese Luft dadurch abgekühlt und die Expansionskraft des Wassers vermindert wird. Hat die Luft endlich dieses Maximum erreicht, so fängt es an zu regnen. Beobachtet man dabei das Hygrometer, so sieht man, wie die Feuchtigkeit der Luft sich nach und nach vermehrt, bis sie aufs Aeuſserste gebracht wird, wo dann einige Augenblicke vorher oder nachher die ersten Regentropfen fallen.

Die Regentropfen werden durch die kleinen Luftbläschen gebildet, die, wenn sie bei ihrem Falle von der feuchten Luft nicht mehr aufgelöst werden, einander immer mehr und mehr berühren und kleine Wasserkugeln bilden. Diese nehmen beim Niederfallen an Gröſse zu, theils durch die Vereinigung mit anderen Bläschen und Tropfen, theils dadurch, daſs sie gewöhnlich aus einer kälteren in eine wärmere Luftregion fallen, und so wie jeder andere kalte Körper in warmer und feuchter Luft, während des Fallens, Wasser an ihrer Oberfläche niederschlagen. Deshalb sind im Sommer die Tropfen beim

Anfange eines Regens gröſser, und werden nachher allmählich kleiner. Im Winter hingegen und in den kälteren Jahreszeiten, wo der Unterschied zwischen der Temperatur der oberen und unteren Luftschichten geringer ist, oder wenn, wie zuweilen geschieht, die in der Höhe niedergeschlagenen Wasserdünste zum Theil die Temperatur des Landstrichs, aus welchem sie hergeführt worden sind, noch beibehalten, und daher wärmer als die untere Luft sind, ist jener Unterschied weniger merklich. Bei Stürmen, Gewitter und Regenwetter kommen ebenfalls vielfältige Veränderungen vor. — Ganz allmählich schlägt sich auf diese Weise die Wolke gänzlich nieder, der Himmel heitert sich auf, die Sonne kommt wieder zum Vorschein, und die vom Regen abgekühlte Luft wird wieder erwärmt. Das Hygrometer zeigt nun ein schnelles Zunehmen der Trockenheit, weil das Wasser, womit die Luft während des Regens gesättiget war, durch die kalten Regentropfen gefällt wurde, und je kälter der Regen war, desto trockener wird die Luft nachher, aus leicht begreiflichem Grunde.

Dieſs sind die Grundregeln für den Regen überhaupt, und fast ganz so beschaffen ist der Regen, welcher nach einem aufgestiegenen Morgenthaue fällt. Allein höchst selten trägt sich dieses Phänomen bei vollkommener Windstille und so einfach zu, als ich es beschrieben habe. Die beständigen Bewegungen der Atmosphäre und die Elektricitäten bringen Veränderungen darin hervor, die zwar zum Theil leicht begreiflich sind, zum Theil aber bei dem jetzigen Stande unserer Kenntnisse unerklärlich bleiben.

Selten fällt der Regen gerade auf der Stelle nieder, von welcher vorher das Wasser durch Verdunstung aufstieg, sondern meistens wird dieses von der Luft eine kürzere oder längere Strecke weit fortgeführt, ehe es abgekühlt, verdichtet und niedergeschlagen wird. Das meiste verdunstet von der Oberfläche der Meere und Seen, auch fällt eine Menge davon wieder dahin zurück; indessen wird auch ein groſser Theil davon auf das Land geführt.

Vermöge der Neigung der Erde auf ihrer Bahn, hat

jeder Landstrich zwei Hauptjahreszeiten, eine entschieden wärmere, den Sommer, und eine andere kältere, den Winter; zwischen beiden bilden der Herbst und Frühling bloſse Uebergänge. Während der wärmeren Jahreszeiten verdunsten die Seen und die Feuchtigkeiten des Erdbodens, und das verdunstete Wasser folgt der warmen aufsteigenden Luft, vermöge des oben erwähnten allgemeinen groſsen Kreisläufes, nach den kälteren Ländern, deren kühlere und trocknere Luft die entwichene (wärmere und feuchtere) Luft wieder ersetzt. Jene wärmere, mit Wassergas gemengte Luft, wird allmählich auf diesen Stellen abgekühlt und bildet Wolken und Regen, und zwar so, daſs, wenn sie in einer Temperatur einen gewissen Vorrath davon abgesetzt hat, sie dann in einem kälteren Klima noch mehr absetzen kann. Daher sind die Sommermonate im Allgemeinen mehr trocken, und der Herbst, Frühling und Winter feucht und reicher an Regen und Schnee. Auch gilt dieſs für den ganzen Erdball, selbst für den Aequator, wo der Winter bloſs einige Grade kühler als der Sommer ist, wo aber diese geringe Abkühlung dennoch hinreicht, das Wasser zu verdichten, welches von den wärmeren Erdstrichen verdunstet. Daher rührt es auch, daſs das Wasser in unseren Seen und Flüssen im Sommer sich vermindert, in den drei folgenden Jahreszeiten aber nach und nach wieder vermehrt.

Inzwischen regnet es im Sommer ebenfalls, und das kommt daher, daſs theils die warme Luft an der Erdoberfläche oft mehr Wasser aufnimmt, als sie bei ihrem Aufsteigen in höhere Luftschichten in Gasgestalt an sich behalten kann, welches sich dann verdichtet und wieder niederfällt, theils daher, daſs die unregelmäſsigen Winde auſserhalb der Wendekreise die Sommerluft oft unmittelbar aus einem wärmeren nach einem kälteren Lande treiben, wo ihr Wassergehalt verdichtet wird und Regen bildet. Der Sommer hat im Allgemeinen meist klare Tage; der Winter hingegen hat selten klare, sondern meist neblichte Tage.

Der Regen ist von verschiedenen Graden der Heftig-

keit, und erhält hiernach besondere Namen, z. B. Staubregen, Platzregen u. s. w. Die Verschiedenheit des Regens rührt von der ungleichen Höhe der Wolken über der Erdoberfläche her, wenn sie nicht durch die Elektricität entstehet. Bei einem Staubregen streichen die Wolken oft ganz auf der Erde hin, bei einem stärkeren Regen gehen sie weit höher. Je höher die Wolken ziehen, desto gröfser werden die Tropfen beim Fallen und desto schneller stürzen sie herab. Daher ist ein Platzregen in wärmeren Ländern gewöhnlicher, als im Norden, weil in jenen die wärmeren Schichten der Atmosphäre tiefer sind und das Wassergas daher genöthigt wird, vor seiner Verdichtung zu Wolken, in eine gröfsere Höhe aufzusteigen. Daher werden die Regentropfen zwischen den Wendekreisen bisweilen so grofs, dafs sie $\frac{1}{4}$ Zoll im Durchmesser haben, und unter dem Aequator hat man sie sogar zuweilen von einem ganzen Zoll im Durchmesser beobachtet.

Gewitterregen nennen wir einen solchen Regen, welcher von den oben, beim Donner, erwähnten Erscheinungen der Elektricität begleitet ist. Die Gewitterwolken kommen oft sehr schnell heran, ziehen gegen den herrschenden Wind, und haben oft heftige Sturmwinde zu Vorläufern, welche ganz schmale Erdstreifen einnehmen. Ihre Entstehung, ihr Zusammenhang mit der Elektricität, ob sie durch diese allein oder nur durch Mitwirkung derselben gebildet werden u. s. w., ist uns gänzlich unbekannt. Manche haben die ungereimte Vermuthung aufgestellt, der Knall des Donners werde in den höheren Luftschichten durch die Entzündung eines Gemenges von Wasserstoffgas und atmosphärischer Luft, mittelst des elektrischen Funkens, hervorgebracht, und der herabfallende Regen werde dadurch erzeugt. Allein es lassen sich die augenscheinlichsten Beweise gegen diese Behauptung aufstellen, die sich blofs auf die Aehnlichkeit des Schalles und auf den Umstand gründet, dafs die Gewitterwolken Regen geben.

Ein Regen wird gewöhnlich durch das Fallen eines

Barometers angekündiget. Dieſs rührt wahrscheinlich daher, daſs die Luft in dem Maaſse, als ihre Feuchtigkeit zunimmt, leichter, folglich die Atmosphäre höher, als bei trockener Luft, wird, wodurch der obere Theil der feuchten Luftsäule sich seitwärts niedersenkt und folglich keiner so hohen Quecksilbersäule, als vorher, das Gegengewicht halten kann. Man hat auch, wiewohl vielleicht weniger richtig, den Regen für eine Folge von der Verdünnung der Luft erklärt, welche das Fallen des Barometers zu erkennen giebt; ungefähr auf dieselbe Weise, wie die Luft in einer feuchten Glocke über der Luftpumpe trübe wird und sich mit Wasserdämpfen füllt, wenn man sie durch einige Pumpenzüge verdünnt, weil die in der Glocke sich ausdehnende Luft Wärmestoff von dem Wassergase einsaugt, dessen Expansionskraft vermindert, und dasselbe daher theilweise niederschlagen muſs. Dieses nimmt indessen seine vorige Gasgestalt und Durchsichtigkeit in wenigen Augenblicken wieder an, sobald man wieder Luft zuläſst.

Schnee. Wenn sich Wolken bei einer Temperatur unter 0° bilden, so verwandeln sich die Wasserdünste in unendlich kleine und nadelförmige Krystalle, von welchen sich immer mehrere unter Winkeln von 60° und 120° zusammensetzen, wie die Nadeln des gefrierenden Wassers, und dadurch sehr verschiedenartige Krystallgestalten, vom schönsten Ansehn, bilden, welche einander bei einem und demselben Schneewetter immer gleich sind. Sie wachsen im Fallen, wie die Regentropfen, und häufen sich oft zu groſsen Flocken zusammen. Ueberhaupt gilt vom Schnee alles das, was ich vom Regen gesagt habe, und der Unterschied liegt bloſs in der Temperatur.

Bei einem windstillen und sehr kalten Tage fällt kein Schnee, weil kein Wassergas gefällt werden kann, sondern wenn es da schneien soll, muſs uns eine weniger kalte und feuchtere Luft zugeführt werden. Diese wird dann abgekühlt, setzt ihr Wasser ab und bildet Schnee. Daher pflegt auch die Luft kurz vor dem Schneien milder zu werden, als vorher. Gewöhnlich schreibt man

diese Erscheinung der Krystallisation des Wassers zu, wobei der Wärmestoff des Gases frei würde; allein in diesem Falle würde der Wärmestoff von neuem die Expansionskraft des Wassers vermehren, und es könnte daher in jedem Falle nicht mehr Schnee gebildet werden, als die Abkühlung gestattete. — Wenn wir bei Nordwind zuweilen Schnee mit starker Kälte und Sturm bekommen, so ist dieser Schnee gewöhnlich in der aus wärmeren Ländern kommenden Luft gebildet, welche die höheren Regionen der Atmosphäre in entgegengesetzter Richtung durchstreicht.

Wenn Nordwind ohne Schnee weht, so ist die Luft gewöhnlich klar, und Schnee und Eis verdunsten. Diese Luft ist nämlich in nördlichen Ländern stärker abgekühlt worden, und hat dort ihr Wasser abgesetzt. Wenn sie nun auf ihrem Wege nach Süden allmählich weniger kalt wird, so nimmt ihr Vermögen zu, mehr und mehr Wassergas an sich zu behalten, und dieses verdunstet, nach Verhältnifs der Lufttemperatur, von dem Schnee und Eise, über welches die Luft hinstreicht.

Hagel wird ebenfalls durch Kälte erzeugt, aber unter ganz anderen Umständen. Er entsteht nur im Sommer, oder in wärmeren Ländern, und zwar, einer allgemeinen Beobachtung zufolge, nur wenn die Sonne sich über dem Horizont befindet und die Luft nicht so kalt ist, dafs die Wasserdämpfe selbst erstarren können, jedoch in den höheren Regionen der Atmosphäre schnell eine so starke Kälte entsteht, dafs die schon gebildeten Regentropfen zu Eis gefrieren. Der Hagel besteht daher aus runden Körnern und nicht aus regelmäfsigen Krystallen, wie der Schnee. Gewöhnlich sind diese Hagelkörner so kalt, dafs das Wasser, welches sich im Herabfallen an sie ansetzt, sogleich zu Eiskrusten gefriert, in welchen das ursprüngliche Hagelkorn als ein weifser und durchsichtiger Kern eingeschlossen ist. In wärmeren Ländern, wo die Wolken oft sehr hoch gehen und die Luft mehr Feuchtigkeit enthält, wird der Hagel oft weit gröfser, als bei uns, und bisweilen fallen Stücke von mehreren Pfunden

Schwere. Diese bilden sich jedoch nicht auf einmal in der Luft, sondern vergröfsern sich erst im Herabfallen, theils durch das Wasser, das sich wegen ihrer Kälte auf ihnen niederschlägt, theils durch das Zusammenfrieren mehrerer Körner, welche sich mit jedem Augenblicke vermehren müssen, weil die Schnelligkeit der gröfseren Hagelkörner in gröfserem Verhältnisse, als bei den kleineren, zunimmt, diese daher von den gröfsern im Fallen ereilt werden und sich an sie festsetzen.

Die Ursache einer so schnell entstehenden Kälte in der Sommer-Atmosphäre ist uns unbekannt. Jedes Hagelwetter ist, wo nicht stets von Donner, doch wenigstens immer von sehr deutlichen Merkmalen von Elektricität begleitet; in welchem Zusammenhange aber die Elektricität mit jener schnellen Erzeugung von Kälte stehe, können wir noch nicht erklären.

Der Nebel rührt von denselben Ursachen, wie die Wolken, her, und ist eigentlich nichts anders, als eine Wolke, die sich nahe an der Erdoberfläche bildet. Er entsteht, wenn die Luftwärme schnell um mehrere Grade gegen die Temperatur des Erdbodens abgekühlt wird, wobei das Wasser mit der, der Wärme der Erde angemessenen Expansionskraft von der Oberfläche der Erde und der Gewässer zu verdunsten fortfährt, das neugebildete Wassergas aber sogleich in der Luft wieder abgekühlt und niedergeschlagen wird, nachher aber, wegen der Bewegung der wärmeren Luft am Erdboden, allmählich höher und höher steigt. Der Nebel beginnt auf diese Weise, einige Stunden nach Sonnenuntergang oder eine Stunde vor ihrem Aufgange, über Wasser und sumpfigen Wiesen, und dauert fort, bis er entweder durch seine eigene Schwere als eine Art von Staubregen niederfällt, oder bis er nach Aufgang der Sonne durch die erwärmte Luft aufgelöst wird. Oft sieht man dabei, wie er vom Erdboden zu verschwinden anfängt, und dann auch nach oben zu allmählich abnimmt, in dem Maafse, wie die Luftschichten immer höher und höher hinauf erwärmt werden. Da die Oberfläche des Wassers stärker verdun-

stet, als das trockene Land, so ist der Nebel über Seen, und dann zunächst an den Seeküsten am häufigsten und dichtesten, weniger allgemein aber auf dem Lande. Er kann sich eben so gut im Winter, als im Sommer bilden, und man sieht in kalten Wintertagen oft Quellen und nicht zugefrorene Ströme rauchen. Wenn der Nebel bei starker Kälte fällt, so setzt er sich in wollähnlichen Krystallen an Bäume und Häuser an und bildet den Reif.

Thau. Der Unterschied zwischen der Temperatur des Tages und der Nacht verändert den Wassergehalt der Luft; aber statt daſs das Wassergas sich in Gestalt eines Dampfes in der Luft niederschlagen sollte, setzt es sich auf dem Erdboden ab und die Luft behält ihre Durchsichtigkeit. Es ist schwierig, alle beim Niederfallen des Thaues wirkende Kräfte zu bestimmen; seine Grundursache aber ist die Abkühlung, und daſs er sich nicht in der Luft, sondern auf dem Erdboden niederschlägt, kommt von der Anziehung der festen Körper zum Wasser, und von dem Umstande her, daſs der Niederschlag in der, dem Erdboden am nächsten gelegenen Luftschicht, als der wärmsten und wasserreichsten, seinen Anfang nimmt. Das Wassergas der oberen Luftschichten breitet sich dann allmählich nach der unteren, als nach einer von Wassergas freieren Luft, aus, und daher kommt es, daſs der Niederschlag nach unten seinen Fortgang hat. Die Anziehung der festen Körper zum Wasser wird übrigens dadurch bewiesen, daſs sich der Thau nicht auf alle Körper gleichförmig anlegt. Nichtleiter für den Wärmestoff werden meist davon befeuchtet, Leiter hingegen weniger, und Metalle werden sehr selten davon feucht, wenn es nicht ungewöhnlich stark gethauet hat. Man hat sich die Erklärung dieses Phänomens durch die Beobachtung erschwert, daſs der Erdboden beim Fallen des Thaues immer um einen oder einige Grade wärmer als die Luft sei; dieſs verhält sich auch für eine Tiefe des Erdbodens von einem oder ein Paar Zollen wirklich so; allein die oberste Kruste des Bodens und die darauf stehenden Gewächse erkalten durch Ausstrahlen des Wärmestoffs, und folglich mit weit

gröſserer Schnelligkeit, als die Luft. Wells hat durch eine Reihe sehr interessanter Versuche bewiesen, daſs das Niederschlagen des Thaues durchaus eine Wirkung der, durch Ausstrahlung von Wärmestoff entstehenden Abkühlung sei. Er legte z. B. des Abends eine abgewogene Menge Wolle unter freien Himmel, und neben diese eine andere gleich groſse und zu einer gleich groſsen Oberfläche ausgebreitete Menge, stellte aber über die letztere einen Tisch. Die unbedeckte Wolle hatte weit mehr an Gewicht gewonnen, als die unter dem Tische liegende, weil zwischen der letztern und dem Tische eine gegenseitige Ausstrahlung von Wärmestrahlen statt gefunden hatte, wodurch diese Wolle weniger schnell abgekühlt worden war, als die offen unter freiem Himmel stehende, deren Wärmestrahlen, ohne ersetzt zu werden, geradezu fortgegangen waren. Daher fällt der Thau sehr oft bei klaren Abenden in gröſster Menge, seltener aber und nur in geringer Menge bei wolkigem Himmel, weil in diesem Falle die Wärmestrahlen des Erdbodens durch die Wärmestrahlen der über ihm befindlichen Wolkenschichten ersetzt werden. Metalle und wärmeleitende Körper bedecken sich nicht mit Thau, so lange sie von der Luft oder ihrer Unterlage die Wärme ersetzen, welche sie durch Radiation verlieren.

Wenn die Luft am Tage so wenig Wasser enthält, daſs es durch seine Expansionskraft bei der Temperatur der Nachtluft sich in derselben erhalten kann, so fällt kein Thau. Man kann sich davon überzeugen, wenn man die Expansionskraft des Wassers einige Stunden vor und eine Stunde nach Sonnenuntergange miſst. Findet sich's z. B., daſs der Wassergehalt der Tagluft der Expansionskraft von $+60°$ entspricht, und die Temperatur verändert sich nach Untergang der Sonne auf $+15°$, $12°$, $10°$ u. s. w., so muſs Thau fallen und so lange sich absetzen, als bis die Luft zum niedrigsten Wärmegrade, den sie annehmen kann, abgekühlt ist, d. h. bis zum Wiederaufgehen der Sonne. Hierbei zeigt das Hygroskop nahe am Erdboden das Maximum der Luftfeuchtigkeit an, fängt

aber

aber wieder an auf Trockenheit zu gehen, so wie der Thau in den Morgenstunden verschwindet und die Expansionskraft des Wassers durch die Wärme des Tages vermehrt wird. Man behauptet, dafs ein grofser Theil des Thaues von den Ausdünstungen der Gewächse herrühre, welche von der Luft nun nicht aufgenommen werden könnten. Dieſs ist aber wenig glaublich, denn diese Ausdünstungen müſsten dann in flüssiger Gestalt abgesondert werden, und der Thau würde sich in solchen Fällen, wo die Luft ihr Maximum von Feuchtigkeit aufgenommen hat, auch um Mittag einstellen. Man hat Thau auf Pflanzen unter Glasglocken gefunden, die man über Nacht im Freien gelassen hatte. Dieser Thau entsteht auf dieselbe Weise, wie in freier Luft, und kann eben so stark fallen, weil die wärmere Luft unter der Glasglocke mehr Feuchtigkeit enthält. Dafs er nicht von den Ausdünstungen der Pflanzen herrühre, sieht man deutlich daraus, dafs die Luft unter der Glocke allemal ihr Maximum von Feuchtigkeit erreicht haben mufs, weil sie wenig gewechselt werden kann, und die Aussonderungen der Pflanzen sie in diesem Falle mit einem beständigen Thaue überziehen würden. — Bei uns bemerken wir den Thau nur zu Lande; unter den Wendekreisen fällt er sowohl auf dem Lande, als auf der See.

Eine Art von Thau entsteht im Winter, wenn beim Wechsel der Winde ein wärmerer auf einen kälteren folgt. Der wärmere Wind enthält Wasser, welches sich an Mauern, Häusern, Bäumen u. s. w. niederschlägt, welche die Kälte der vorigen Tage noch an sich behalten haben. Sie erhalten sich dadurch immer feucht, bis sie die Temperatur der Luft angenommen haben, oder bis ein trockener Wind eintritt. In der Kälte erstarrt dieser Thau zu Reif. Wenn es nach einem kalten Winter im Frühjahre schnell warm wird, sieht man Mauern, steinerne Häuser und Kirchen sich auswendig mit Reif überziehen. Dieſs kommt daher, dafs die Mauern langsamer, als die Luft, erwärmt werden, und noch so viel Kälte zurück halten, dafs das Wasser sich auf ihnen niederschla-

gen und zu Eis gefrieren kann. Dann sagt man im gemeinen Leben: die Kälte schlägt in die Gebäude.

Vorkommen des Wassers auf der Erdoberfläche.

Regenwasser. Schneewasser. Dieses ist zuweilen völlig rein, muſs aber in weiten Gefäſsen und auf freiem Felde und zwar erst dann aufgefangen werden, wenn es schon eine Zeit lang fortgeregnet hat. Gewöhnlich ist das Regen- und Schneewasser mit atmosphärischer Luft, ein wenig Salpetersäure und, wie behauptet wird, von einer äuſserst geringen Menge salzsaurem Kalke verunreiniget. Was inzwischen den letztern betrifft, so ist dessen Anwesenheit wenig wahrscheinlich; denn dieses Salz ist völlig feuerbeständig, und kommt, so viel wir jetzt wissen, nicht in Gasgestalt vor. Salpetersäure hingegen wird in sehr geringer Menge bei Verbrennungen gebildet, und muſs sich sonach immer in der Atmosphäre vorfinden. Frisch aufgethautes Schneewasser hat einen eigenen Geschmack, und man glaubte früher, daſs es eine gröſsere Menge Sauerstoff enthalte; es führt aber im Gegentheil nicht mehr Luft mit sich, als es während des Aufthauens aus der Atmosphäre hat an sich ziehen können.

Die meisten Unreinlichkeiten, welche das Wasser bei sich führt, sind mechanisch beigemengt, und bestehen aus zusammengeschlemmtem Staube, der in der Luft herum fliegt und vom Regen oder Schnee mit herabgespült wird. Daher setzt alles Regenwasser ein grauliches Pulver ab, und im geschmolzenen Schnee findet man den abgesetzten Staub ebenfalls, selbst wenn der Schnee von der Mitte groſser gefrorner Seen hergeholt wird. Daher hört man auch zuweilen von Schwefelregen, Blutregen u. dgl., das heiſst von Regen, welche gelben, rothen, oder verschiedentlich gefärbten Saamenstaub von Pflanzen mit sich führen, welche gerade in der Blüthe stehen. Wenn z. B. zur Blüthezeit des Wachholders und der Kiefer schnell ein Regen kommt, so findet man in waldigen Gegenden ein gelbes Pulver auf dem Wasser, welches völlig den

Schwefelblumen gleicht, bei näherer Untersuchung aber sich als Saamenstaub von diesen Nadelhölzern erweist, der in der Luft angehäuft war und vom Regen herabgespült wurde.

Im Allgemeinen ist indessen das Schnee- und Regenwasser so rein, dafs es zu den meisten chemischen Arbeiten gebraucht werden kann, auch mit dem destillirten Wasser einerlei specifisches Gewicht hat.

Quellen. Der gröfste Theil des atmosphärischen Wassers schlägt sich auf Höhen und Bergen nieder, theils weil die wärmere Luft der Thäler, sumpfigen Stellen und Seen, wenn sie an den Abhängen der Berge emporsteigt, dort abgekühlt wird und ihr Wasser in Gestalt eines gelinden, aber fortwährenden Thaues absetzt; theils deshalb, weil die Wolken sich um hohe Punkte mehr zusammenziehen und Regen da absetzen, während das unten liegende flache Land gutes Wetter hat. Das auf Bergen gesammelte Wasser rinnt theils an ihrer Oberfläche herab und bildet Bäche, theils senkt es sich in die kleinen Klüfte derselben und zieht sich hier in die Tiefe. Am deutlichsten sieht man diesen ersten Ursprung der Quellen in den Bergwerken. Die Berge sind im Inneren nach allen Richtungen zerklüftet, und in geringer Tiefe unter Tage träufelt das Wasser aus diesen kleinen Klüften in allen Punkten hervor; allenthalben hört man das Fallen der Tropfen, und dieſs vermehrt sich, je tiefer man kommt, so dafs man in allen Gruben Pumpwerke zu erhalten genöthiget ist, um diese Tagewasser heraus zu pumpen. Da diesem hineindringenden Wasser immer anderes nachfolgt, dessen Schwere es mitzutragen hat, so sucht es sich allenthalben durch die Klüfte Wege nach unten, bis es endlich auf eine Stelle kommt, wo es verhindert wird, tiefer niederzusinken, und wahrscheinlich sind die Klüfte der Berge so weit mit Wasser gefüllt, als dieses einzudringen vermag. Die Schwere der in den Klüften auf das untere Wasser drückenden Wassersäule preſst dieses nach den Thälern und niederen Gegenden hin, durch Lager von Sand und Erde, wobei sich das

Wasser eine oder mehrere Rinnen aushöhlt, aus welchen es auf gewissen Stellen hervorbricht und Quellen bildet. Nach der verschiedenen Gestaltung und Fortsetzung der Berge unter der Erdoberfläche können diese Quellen dem Berge, in welchem sie entspringen, entweder nahe liegen, oder entfernter von ihm hervorbrechen.

Man hat diese Ansicht von der Entstehung der Quellen deswegen verwerfen wollen, weil der eigentliche Erdboden selten etwas Wasser durch sich hindurchläfst. Man grub z. B. ein grofses Faſs in den Erdboden ein, von dessen Boden aus man ein dünnes Röhrchen in einen tiefen Keller niederleitete, und fand niemals, selbst nicht nach dem stärksten Regen, daſs etwas Wasser durch dieses Röhrchen durchgegangen wäre. Dagegen ist aber zu erinnern, daſs es hauptsächlich die Berge sind, welche den Quellen den Ursprung geben, und daſs der Erdboden, ob er gleich unter seiner Rinde überall feucht ist, dennoch sein Wasser stets zurück behält, ungefähr so, wie ein Schwamm. In gegrabenen Brunnen hingegen sammelt sich das Wasser allmählich aus den benachbarten Erdschichten; sie füllen sich langsam, und der Wasserspiegel bleibt tief unter der Oberfläche des Bodens, je nachdem die Erdschichten mehr oder weniger reich an Wasser sind.

Die Quellwasser haben unter einerlei Klima auch fast immer einerlei Temperatur. In Schweden beträgt ihre Wärme im Sommer $+7°$, und in strengen, schneearmen Wintern etwas drunter. Die Ursache dieser unveränderlichen Temperatur ist, daſs die Erdrinde, wenn sie einmal bis zu einem, der wärmenden Kraft der Sonnenstrahlen in jedem Breitengrade entsprechenden Wärmegrade erwärmt ist, im Sommer zu keiner bedeutenden Tiefe weiter erwärmt, auch im Winter weiter nicht abgekühlt werden kann, sondern bis zu einem gewissen Abstande von der äuſseren Kruste eine Art von Mitteltemperatur behält, die nachher nach dem Inneren der Erde zu sehr allmählich verändert wird. Diese Mitteltemperatur beträgt für Stockholm $+7°$, für Paris $+12°,4$, oder etwas weniger, und in wärmeren Ländern noch mehr. Die

hervorbrechenden Quellwasser behalten diese Temperatur mit unbedeutenden Veränderungen bei, je nachdem sie eine längere oder kürzere Strecke durch die oberste, von der Wärme der Atmosphäre unmittelbar mehr abhängige Erdkruste durchlaufen.

Heifse Quellen erhalten ihre Wärme von feuerspeienden Bergen, oder wenn sie nicht in der Nähe solcher liegen, scheinen sie dieselben von alten vulkanischen Massen, die noch nicht erkaltet und deren obere Oeffnungen durch spätere Erdrevolutionen, mit Zurücklassung von Basalt-, Bimstein- und Lava-Massen, zerstört worden sind. Es giebt zweierlei Arten warmer Quellen. Die eine, welche eine vulkanische Erscheinung zu sein scheint und bisweilen noch Jahrtausende nach Verlöschung der Vulkane fortfährt, ist reich an kohlensaurem Gas und an Salzen von Natron mit Salzsäure, Schwefelsäure und Kohlensäure, und enthält bisweilen auch Schwefelwasserstoffgas. Diese Quellen behalten nicht selten diesen Gehalt an aufgelösten Materien, nachdem schon ihre Temperatur bis zur mittleren Temperatur der Erde herabgesunken ist. Die andere Art enthält salzsaure Kalkerde und salzsaure Talkerde, kein Natron und meist immer etwas Schwefelwasserstoffgas. Sie finden sich an Stellen, wo man oft keine Ueberreste ehemaliger vulkanischer Thätigkeit entdecken kann, und man glaubt ihre Wärme könne daher rühren, dafs sie aus so grofser Tiefe kommen, dafs sie von der inneren Erdtemperatur erwärmt werden konnten (in der Voraussetzung, dafs die Temperatur der Erde mit der Tiefe zunehme). Diese Quellen kommen immer in Urgebirgs-Gegenden vor; aber nicht bei uns, wahrscheinlich, weil der Abstand von der Erdoberfläche bis zu dieser höheren Temperatur in dem Inneren zu grofs ist.

Das Karlsbader und Achener Wasser hat eine Temperatur von +70° bis 90°, und das Wasser des Geysers auf Island, der in gewissen Zwischenzeiten eine Wassersäule von 19 Fufs Durchmesser mit unglaublicher Gewalt 100 Fufs hoch in die Luft treibt, ist kochend heifs. — Uebrigens zeigen die Quellen, theils in Hinsicht ihrer

Temperatur, theils in ihrer Art zu fließen, manche bewundernswerthe Sonderbarkeiten, die ich hier übergehen muß, theils weil sie in das Gebiet der Physik gehören, theils mit unseren gegenwärtigen chemischen Kenntnissen nicht erklärt werden können.

Auf ihrem Wege durch die Spalten der Berge und durch die innere Erdmasse lösen die Quellwasser eine Menge Stoffe auf, womit sie bei ihrem Hervorbrechen über Tage verunreinigt sind. Diese Stoffe sind Kieselerde, verschiedene Salze und Säuren, auch Extraktivstoff, den sie beim Durchdringen durch die oberste Erdrinde aus der Dammerde aufnehmen. Auf welche Weise das Wasser damit geschwängert werde, ist bis jetzt noch nicht ausgemittelt; denn manche Quellen enthalten gewisse Stoffe so reichlich, daß die Umgebungen des Laufes der Quellen sie unmöglich auch nur auf ein paar Monate lang mit einem solchen Vorrathe versehen könnten. So fließen z. B. mit dem Karlsbader Wasser jährlich 746,884 Pfund kohlensaures Natron und 1,132,923 Pfund schwefelsaures Natron hervor, ohne die übrigen beigemengten Stoffe zu rechnen. — Wahrscheinlich kommen diese Wasser in Bergen herab, deren innere Masse durch das Wasser allmählich zerlegt und aufgelöst wird, wo das Wasser sonach einen chemischen Prozeß erregt, der es mit jenen Stoffen, zuweilen in solcher Menge, versieht, daß die Kunst es kaum nachzuahmen vermag. Daher muß der quantitative Gehalt solcher Wasser an fremdartigen Stoffen, nach Verschiedenheit der Umstände, verschieden sein, und daher müssen sogar dergleichen Quellen nach längerer Zeit, wiewohl vielleicht erst nach mehreren Jahrhunderten, ihren Gehalt bedeutend verändern, je nachdem die löslichen Stoffe entweder fortgeführt werden, oder in größerer oder geringerer Menge noch zum Auflösen vorhanden sind. Welche die in Quellwassern vorkommenden Stoffe sind, und wie man sie darin entdecken und daraus abscheiden soll, werde ich in der Folge, bei der Lehre von der chemischen Analyse, kurz berühren.

Alle Quellwasser enthalten in gröſserer oder geringerer Menge eine flüchtige Säure, Kohlensäure genannt (die ich weiter unten beschreiben werde), und aufserdem verschiedene, in einem Ueberschusse dieser Säure aufgelöste Erdarten, insbesondere Kalk- und Talkerde, bisweilen auch oxydirtes Eisen und oxydirtes Mangan. Läfst man Quellwasser einige Zeit offen an der Luft stehen, so verflüchtiget sich der Ueberschufs jener Säure allmählich und die Erd- und Metallsalze schlagen sich darin nieder. Dasselbe geschieht, wenn man das Wasser kocht. Aus dergleichen Erdsalzen besteht die Kruste, welche sich in Theekesseln und ähnlichen Gefäfsen absetzt, in welchen Quellwasser gekocht wird; und wenn sich die Erden in den Quellen selbst oder in ihrem Ablaufe auf Steinen oder anderen Dingen, die im Wasser liegen, niederschlagen, so bilden sie um dieselbe eigene steinartige Krusten (Incrustationen), die man Tuffe nennt. In Schweden findet man indessen keine solche reichhaltige Quellen; in wärmeren Ländern aber, und besonders in der Nähe feuerspeiender Berge, findet man sie zuweilen häufig. Wenn man eine Münze oder irgend eine Form in eine solche Quelle legt, so bildet sich nach einiger Zeit eine Steinkruste um sie herum, die sich leicht abnehmen läfst und inwendig den Abdruck des Körpers enthält, auf welchen sie sich angesetzt hatte.

Die Quellen bilden Bäche, und ihr Wasser verliert beim Fortrinnen seine Kohlensäure, so dafs man in Bächen und in den aus ihnen entstehenden Flüssen und Seen nicht die mindeste Spur von den sauren kohlensauren Salzen findet, welche das Quellwasser enthält. Die übrigen Salze bleiben wohl im Wasser zurück; allein da ihre Menge, gegen die der kohlensauren Salze, wenigstens in Schweden, so äufserst gering ist, so ist auch das Flufswasser reiner als Quellwasser. Das Flufswasser löst weifse und grüne Seife fast ohne Trübung auf; das Quellwasser hingegen zerlegt sie durch ihre kohlensauren Erdsalze, schlägt die ölartigen Bestandtheile mit den Erdarten nie-

der, und hat im Technischen den Namen hartes Wasser erhalten *).

Die Flüsse sammeln sich in Seen, deren Wasser durch Pflanzen und Thiere verunreiniget wird, die darin leben und sterben. Dessen ungeachtet wird das Seewasser dadurch nur um ein Weniges unreiner, als das Flufswasser. Die Seen, welche keinen Ausfluſs haben, oder deren Ausfluſs vielfach geringer ist, als ihre Zugänge sind, nennt man grofse Sümpfe oder Moräste. Man glaubte früherhin, dafs das Wasser dieser Seen durch Verdunstung fortgehe; allein in diesem Falle müfsten dieselben nach und nach zu concentrirten Lösungen derjenigen Salze werden, welche ihnen die Flüsse aus den Quellen zuführen, was man gleichwohl bis jetzt noch nicht gefunden hat. Sie müssen daher einen unterirdischen Ablauf haben.

Die Seen bilden grofse Ströme, welche das Wasser derselben in's Meer führen. Diese grofse Wassermasse, welche den gröfsten Theil der Erdoberfläche einnimmt, und alle die Wässer aufnimmt, welche vom festen Lande herbeifliefsen, enthält alle Salze der letztern, läfst aber sein Wasser durch Verdunstung wieder fahren. Dadurch entsteht ein beständiger Kreislauf des Wassers, welches vom Spiegel des Meeres aus verdunstet und in Gasgestalt emporsteigt, dann über dem festen Lande, vorzüglich um dessen Höhen und Berge herum, verdichtet wird und als Regen herabfällt, nachher, auf die beschriebene Weise, Quellen, Seen und Ströme bildet, und durch diese wieder in das Meer zurückkehrt. Durch diesen Kreislauf werden unsere Quellen, Seen und Ströme beinahe unver-

*) In mehreren nördlichen Provinzen Schwedens ist das Flufswasser fast so rein, wie das Regenwasser. Gahn fand, dafs die Reagentien, welche sonst die meisten natürlichen Wasser trüben, auf das Wasser im Fahlun-Flusse gar nicht wirkten. Kocht man dieses Wasser ein, so hinterläfst es eine dünne gelbliche Haut, die meist aus Extraktivstoff besteht, in welchen aber doch die Reagentien eine Spur von Kochsalz andeuten. Von schwefelsauren Salzen findet sich keine Spur darin.

änderlich und die lebende Natur unaufhörlich mit süfsem Wasser versorgt.

Das Meerwasser hat einen salzigen, etwas bitteren Geschmack und um die Küsten herum einen üblen Geruch. Es enthält eine Menge Salze aufgelöst, welche der Quantität nach $3\frac{3}{4}$ bis 4 Procent vom Gewichte des Wassers betragen, und wovon das Kochsalz den gröfsten Theil ausmacht, wiewohl es niemals über $2\frac{2}{3}$ Procent vom Gewichte des Wassers beträgt. Die übrigen Salze bestehen aus salzsaurem Kalk, salzsaurem Talk und schwefelsaurem Natron.

Nach Marcets Analyse enthält das Meerwasser auf 1000 Theile:

26,6 salzsaures Natron oder Kochsalz,
4,66 schwefelsaures Natron,
1,232 salzsaure Kalkerde,
5,154 - Talkerde,

alle Bestandtheile in wasserfreiem Zustande berechnet. Wollaston hat gefunden, dafs das Meerwasser aufserdem auch salzsaures und schwefelsaures Kali, jedoch nicht über $\frac{1}{2000}$ vom Gewichte des Wassers, enthalte, und Marcet hat gezeigt, dafs keine Spur von salpetersauren Salzen darin enthalten sei. Dagegen setzt es beim Abdampfen eine nicht unbedeutende Menge kohlensauren Kalkes ab. Dieser im Meerwasser aufgelöste kohlensaure Kalk scheint die Quelle zu sein, wovon die Schaalthiere im Meere die Materialien zur Bildung ihrer Schaalen nehmen.

Man glaubt, der Salzgehalt rühre von Steinsalzlagern her, welche das Meer bespüle und auflöse, und werde Jahr aus Jahr ein durch die Salze vermehrt, welche die Ströme ihm zuführen. Zwar ist der Salzgehalt des Meeres an manchen Stellen sehr verschieden, nach dem ungleichen Süfswassergehalte der hineinfallenden Ströme; die Winde aber und die dadurch verursachten Meerströme mengen das Wasser so untereinander, dafs die Unterschiede nicht sehr bedeutend sind. In Meerbusen, welche eine enge Oeffnung haben, z. B. in der Ostsee und im schwarzen Meere, ist der Salzgehalt geringer als im gro-

fsen Weltmeere; im Mittelmeere ist er hingegen etwas gröfser. Nach den Polen zu ist das Wasser weniger salzig, als nach den wärmeren Ländern hin, ungeachtet, wegen des beständigen Durchmengens des Wassers, der Unterschied weniger bedeutend ist. Auch beim Gefrieren des Meeres erstarrt nur das reine Wasser, das aufgethaute Eis enthält wenig Salz und giebt ein süfses, trinkbares Wasser. Zunächst unter dem Eise, wo das Wasser dem Gefrierpunkte am nächsten ist, ist es nur wenig salzig, nimmt aber tiefer hinab nach und nach an Salzgehalte zu, so dafs es in 3 bis 4 Fufs Tiefe so salzhaltig, wie überall, ist. — Nach den zwischen 60° nördlicher und 40° südlicher Breite angestellten Wägungen, wechselt die specifische Schwere des Meerwassers, bei +17°, zwischen 1,0285 und 1,0269.

Man hat das Meerwasser auf mancherlei Weise zu reinigen und trinkbar zu machen gesucht; allein nur zwei Arten sind geglückt, und auch diese sind mit so viel Schwierigkeiten verknüpft, dafs sie bei Schiffreisen wenig brauchbar sind. Die eine ist die Destillation, die andere das Durchseihen des Wassers durch Sand. Wenn man in einem Filtrirapparat, welcher die Gestalt eines umgekehrten Hebers hat, Wasser durch eine 15 Fufs hohe Säule von trockenem Sande laufen läfst, so wird das Wasser, welches zuerst herauskommt, süfs und trinkbar; allein nach einer Weile fängt das durchgehende Wasser schon an salzig zu werden, und wird es nach und nach immer mehr, bis es zuletzt salziger ist, als vorher, weil das Salz, welches zuerst im Sande zurückblieb, allmählich wieder mit herausgespült wird. Der Sand mufs dann entweder ausgewechselt, oder mit reinem Wasser ausgewaschen werden, welches auf der See unmöglich ist. Die Ursache dieser Erscheinung ist, dafs die Sandkörner, gleich den Haarröhrchen, das Wasser in ihren Zwischenräumen in die Höhe ziehen. Da dieſs im ersten Anfange des Verfahrens mehr von der Attraction abhängt, als von dem Drucke des nachfolgenden Wassers, so wird das Salz zum Theil von seinem Wasser getrennt, und dieses dringt reiner in die Zwischenräume des Sandes ein und füllt sie

aus. Wenn man nun, nachdem die Sandmasse völlig angefeuchtet ist, mehr Meerwasser darauf gießt, so wird durch dessen Schwere zuerst das reine Wasser herausgetrieben, dann aber, wenn die Zwischenräume des Sandes gewaltsam mit Meerwasser angefüllt werden, kommt ein immer mehr und mehr salziges Wasser zum Vorschein. Man erhält sonach bei diesem Durchseihen nur so viel reines Wasser, als die Zwischenräume eines gewissen, durch die Höhe der Sandsäule und der Salzigkeit des Meerwassers bestimmten Stückes jener Säule enthalten konnten. Man hat sich kürzlich auf der, von der französischen Regierung unter Capitain Freycinet ausgerüsteten Entdeckungs-Expedition mit Erfolg der Destillation von Meerwasser zur Gewinnung trinkbaren Wassers zu bedienen versucht, wobei der Destillationsapparat so eingerichtet war, daß das Wasser mit dem Ueberschusse der Wärme bei der Zubereitung der Speisen destillirt wurde.

Zum Waschen kann das Meerwasser soweit gereiniget werden, daß es die Seife nicht zerlegt, wenn man es nämlich vorher mit Pottasche mengt, wodurch die Erdsalze gesättiget werden.

Destillirtes Wasser.

Will man ein vollkommen reines Wasser haben, so muß es destillirt werden. Bei der Destillation bleiben die Salze im Destillirkolben zurück, und das reine Wasser, welches in Dämpfen übergeht, sammelt sich im Kühlfasse in flüssiger Gestalt. Sie geschieht in ähnlichen Gefäßen, wie beim Branntweinbrennen. Man darf nicht mehr als $\frac{2}{3}$ des Wassers abdestilliren, weil es sonst vom Rückstande leicht brenzlich wird. In Apotheken destillirt man das Wasser in denselben Gefäßen, die man nebenbei zum Alkohol und Weingeist gebraucht; dieß führt aber einen doppelten Nachtheil mit sich. Das was vom Alkohol in der Kühlröhre zurückbleibt, säuert sich beim Zutritte der Luft, und bildet essigsaures Kupfer, welches sich während der Destillation auflöst und das Wasser kupferhaltig macht. Daher wird ein solches destillirtes

Wasser sehr oft blau, wenn es nach einer gelinden Abdunstung mit Ammoniak gemengt wird; auch bekommt es beim Mengen mit Schwefelwasserstoffgas eine bräunliche Farbe. Dieſs kann zuweilen von einer, durch andere reagirende Mittel nicht zu entdeckenden geringen Menge Kupfer herrühren. Aufser diesem Kupfergehalte kann aber das Wasser auch noch unzerstörten Weingeist enthalten, der sich dann allmählich zerlegt und wovon nach einigen Wochen das Wasser trübe wird und einen schlammigen Bodensatz absetzt. Zu ganz genauen chemischen Versuchen mufs das Wasser in Metallgefäfsen destillirt und in einer zinnernen Kühlröhre verdichtet werden. Die Kühlgeräthschaft mufs entweder von reinem Zinn oder von stark verzinntem Kupfer sein. Sie darf keine Löthung von Zinn und Blei haben, weil sonst das Wasser immer zinn- und bleihaltig wird. Glasgefäfse eignen sich hierzu weniger gut, weil das Glas in dem Retortenhalse, wo sich die Dämpfe condensiren, gewöhnlich angegriffen wird und man ein unreines Wasser bekommt. Wenn man zur Destillation Brunnenwasser anwenden mufs, welches fast immer salzsaure Talkerde aufgelöst enthält, so mufs man zuvor etwas Pottasche zusetzen, um die Salzsäure zurückzuhalten, weil sonst das Wasser salzsäurehaltig wird. Die Versäumnifs dieser Vorsicht hat bewirkt, dafs viele Chemiker geglaubt haben, man könne durch Destillation kein von dieser Säure vollkommen freies Wasser erhalten. Bei vieler Vorsichtigkeit kann man auf diese Weise ein Wasser erhalten, welches vollkommen rein und ohne allen Geschmack und Geruch ist; allein die geringste Unvorsichtigkeit beim Feuern giebt ihm einen eigenen, ein wenig brenzlichen Geschmack, dem von frisch aufgehauten Schneewasser nicht unähnlich.

Wasserstoffsuperoxyd.

Der Wasserstoff kann sich noch mit mehr Sauerstoff, als im Wasser, verbinden, und giebt dann ein Superoxyd, welches 1818 von Thénard entdeckt worden ist, und

dessen merkwürdige Eigenschaften mehr Aufklärung über verschiedene wichtige Gegenstände der chemischen Theorie zu versprechen scheinen. Man erhält dasselbe, nach Thénards Vorschrift, auf folgende Weise:

Barytsuperoxyd *), welches von allen fremdartigen Beimengungen so rein wie möglich sein muſs, wird in einem Mörser mit Wasser übergossen, und damit zusammengerieben, wobei sich das Superoxyd mit dem Wasser verbindet, weiſs wird und zu Pulver zerfällt. Man bringt dasselbe hierauf in kleinen Portionen in verdünnte Salzsäure, welche das Superoxyd auflöst, ohne daſs irgend etwas Gasförmiges dabei entwickelt wird. Sobald die Säure damit gesättiget ist, setzt man verdünnte Schwefelsäure in kleinen Gaben so lange zu, bis die Baryterde wieder ausgeschieden ist, worauf die dann in Freiheit gesetzte Säure wieder mit Superoxyd gesättiget und die Baryterde abermals durch verdünnte Schwefelsäure niedergeschlagen wird. Man filtrirt nunmehr die Flüssigkeit durch Papier und spült das auf dem Filtrum Zurückbleibende mit ein wenig kaltem Wasser aus. Das, was hierbei noch auf dem Filtrum bleibt, wird vom Papier abgenommen, mit mehr Wasser versetzt und wieder durchgeseihet, und die dabei durchgegangene Flüssigkeit beim ferneren Verlaufe der Arbeit als Spülwasser gebraucht.

Die zuerst durchgeseihte saure Flüssigkeit wird hierauf von neuem mit Barytsuperoxyd bis zur Sättigung der Säure gemischt, hierauf die Baryterde wieder mit Schwefelsäure gefällt, und auf diese Weise die Arbeit, durch successives Sättigen, Niederschlagen und Filtriren, 3 bis 6 und mehrere Male wiederholt, so lange, bis die Flüssigkeit ihr 50faches Volumen Sauerstoff aufgenommen hat. Setzt man sie noch länger fort, so verliert man mehr da-

*) Dieses Barytsuperoxyd wird so bereitet, daſs man reine salpetersaure Baryterde in einer Retorte von ächtem Porzellane brennt, dann die Erde herausnimmt und von neuem in einer Porzellanröhre erhitzt, durch welche wasser- und kohlensäurefreies Sauerstoffgas geleitet wird.

bei, als man gewinnt, weil das Sauerstoffgas mit Aufbrausen zu entweichen anfängt *).

Die nunmehr erhaltene Flüssigkeit wird abermals mit Barytsuperoxyd gesättiget, sodann der vollständigen Sättigung halber noch mit Barytwasser gemengt und hierauf in Schnee oder Eis gestellt. Dabei schlägt sich etwas Kieselerde, welche durch die Säure aus dem Barytsuperoxyd aufgelöst worden ist, ingleichen eine geringe Menge Eisen und Manganoxyd nieder. Man filtrirt nunmehr die Flüssigkeit durch Leinwand und drückt das, was im Filtrirtuche zurückgeblieben ist, aus. Dieſs muſs mit der gröſsten Eilfertigkeit geschehen, weil sonst das Sauerstoffgas durch die Berührung mit den niedergeschlagenen Oxyden ausgeschieden zu werden und mit schwachem Aufbrausen zu entweichen anfängt. Während dessen muſs die Flüssigkeit eiskalt erhalten und, wenn sich nach dem Filtriren noch ein neuer Antheil von Oxyd aus derselben ausscheidet, sogleich wieder durchgeseihet werden. Am besten ist es, sich dazu mehrerer Filtra auf Einmal zu bedienen, um das Filtriren desto schneller zu beendigen, dann aber die Filtra mit den Rückständen zusammen in ein leinenes Tuch zu legen, und das darin zurückgebliebene Liquidum zu pressen. War viel Manganoxyd darin anwesend, so erhitzt sich dasselbe dabei dergestalt, daſs man es beim Auspressen kaum in den Händen halten kann.

Die Baryterde wird darauf mittelst verdünnter Schwefelsäure aus der Flüssigkeit niedergeschlagen, diese aber dabei stets mit Eis umgeben erhalten. Hierauf wird derselben schwefelsaures Silberoxyd zugesetzt, das aber weder metallisches Silber, noch freies Silberoxyd enthalten darf; hier verbindet sich die Salzsäure mit dem Silber-

*) Man kann die Menge des Sauerstoffgases in der Auflösung ausmitteln, wenn man ein kleines Maafs davon über Quecksilber in eine mit Quecksilber gefüllte Glasröhre füllt und dann ein wenig Braunstein hineinbringt, wo sodann das Sauerstoffgas sich mit Brausen entwickelt, und der Raum, den es einnimmt, mit dem Maafse der vorher eingelassenen Flüssigkeit verglichen werden kann. Thénard schreibt jedoch vor, daſs letztere vorher verdünnt werden soll.

oxyd, die Schwefelsäure wird in der Flüssigkeit frei. Sobald alle Salzsäure ausgeschieden ist, klärt sich die Flüssigkeit, die vorher trübe war, und wird nun schnell abgegossen. Sollte aber etwas schwefelsaures Silberoxyd im Ueberschufs zugesetzt sein, so mufs das Silberoxyd wieder sorgfältig mit verdünnter Salzsäure niedergeschlagen werden.

Die Flüssigkeit wird nun wieder filtrirt, und sobald sie völlig klar ist, und weder Silber noch Salzsäure mehr enthält, in einem eiskalten Mörser mit Baryterdehydrat zusammengerieben, welches in kleinen Mengen so lange zugesetzt wird, bis die Schwefelsäure beinahe gesättiget ist. Sobald die Flüssigkeit auf Lackmuspapier nur noch unbedeutend als Säure reagirt, wird sie abermals filtrirt und der Niederschlag ausgepreſst, dann aber die Flüssigkeit vollkommen mit Barytwasser gesättiget, um alle Spuren von Manganoxyd völlig daraus zu entfernen, hierauf aber unter den oben angegebenen Vorsichtsmaafsregeln nochmals filtrirt.

Die Flüssigkeit, welche nun aus Wasserstoffsuperoxyd und etwas Baryterde besteht, die zusammen im Wasser aufgelöst sind, wird durch die anwesende Erde leicht zersetzt, hält sich aber besser, wenn sie einen kleinen Ueberschufs von Säure enthält, daher man die Erde wieder daraus niederschlagen und einen äufserst geringen Ueberschufs an Schwefelsäure zusetzen mufs. Die filtrirte Flüssigkeit wird nun im luftleeren Raume über Schwefelsäure abgedunstet, wobei man ganz nach Leslie's Methode bei der Eisbildung verfährt. Das Wasser ist flüchtiger, als das Superoxd, welches durch die Verdunstung immer mehr und mehr concentrirt wird. Dabei mufs die Schwefelsäure unter dem Recipienten von Zeit zu Zeit umgeschüttelt werden, weil sonst ihre Oberfläche mit Wasser gesättiget wird und kein Wassergas mehr verschluckt. Wenn nach einer gewissen Dauer der Verdunstung ein Brausen in der Flüssigkeit entsteht, mufs dieselbe sogleich herausgenommen, und wenn sie sich warm anfühlt, im Eise abgekühlt werden. Man findet dann gewöhnlich einige Flocken eines fremden Stoffes darin, von

welchen das Gas aufsteigt, und wodurch die Flüssigkeit sich gewöhnlich erwärmt und gänzlich zerlegt werden würde, wenn man diese Flocken nicht daraus entfernte. Man gießt daher das klare Liquidum von dem Bodensatze ab, der oft nicht einmal wägbar ist, und bringt es von neuem in den luftleeren Raum, um die Abdunstung fortzusetzen. Gegen das Ende steigen zähe Blasen auf, die sich schwer zertheilen, und man sollte glauben, daſs vieles Sauerstoffgas dabei entwiche; allein es zeigt sich, daſs dessen ungeachtet das Quecksilber in der Probe binnen 24 Stunden kaum merklich steigt.

Zuletzt bleibt eine syrupdicke, farbenlose Flüssigkeit zurück, welche wasserfreies, oder doch beinahe wasserfreies Wasserstoffsuperoxyd ist. Das specifische Gewicht desselben beträgt 1,453. Es giebt, wenn man es mit Mangansuperoxyd mischt, oder kocht, sein 850faches Volumen Sauerstoffgas, das Volumen beider bei + 14° Temperatur und 76 Centimeter Barometerhöhe gemessen. Es besitzt einen eigenen ekelerregenden Geschmack und Geruch, dem des Bleichwassers nicht unähnlich. Auf der Haut erzeugt es nach einigen Augenblicken einen weiſsen Fleck und erregt eine stechende Empfindung, die aber nach einigen Stunden gänzlich verschwindet, nach welcher auch die Haut ihr voriges Ansehen wieder annimmt.

Es bleicht und zerstört alle Pflanzenfarben. Im Allgemeinen ist dessen Wirkung so heftig, daſs sie nicht gut beobachtet werden kann, wenn man nicht das Wasserstoffsuperoxyd mit einigen gleichen Maaſstheilen Wasserverdünnt.

Die ausgezeichnetste von seinen Eigenschaften ist, daſs es bei der Berührung mit verschiedenen festen, besonders pulverförmigen Körpern, vorzüglich aber mit den Metallen: Gold, Silber, Platin, Palladium und Quecksilber oder deren Oxyden, oder auch bei der Berührung mit anderen Superoxyden, mit vieler Heftigkeit in Sauerstoffgas und Wasser zerlegt wird. Ist die Flüssigkeit verdünnt, so entsteht durch das Fortgehen des Sauerstoffgases ein starkes Aufbrausen, und das Gemisch wird warm, oft so, daſs man es nicht mehr in der Hand halten kann. War das

Was-

Wasserstoffsuperoxyd concentrirt, und läfst man einen Tropfen davon auf einen jener Körper in Pulvergestalt fallen, so geschieht die Zersetzung mit einer Verpuffung, und man sieht im Finstern einen schwachen Feuerschein. Bedient man sich hierzu, anstatt der fein zertheilten edlen Metalle selbst, ihrer Oxyde, so ist die Explosion noch weit stärker; das Metall wird reducirt und sein Sauerstoff entweicht zugleich mit dem Sauerstoffe des Wasserstoffsuperoxyds. Dieſs geschieht selbst dann, wenn das letztere mit Wasser verdünnt ist, und folglich durch die Zerlegung keine so hohe Temperatur hervorgebracht wird, daſs man sagen könnte, das Metalloxyd sei dadurch zum Metalle reducirt worden.

War das Superoxyd sehr mit Wasser verdünnt, so werden die Oxyde so zerlegt, daſs ein Theil des Sauerstoffs entweicht und eine niedrigere Oxydationsstufe zurückbleibt. Thénard hat solche niedrigere Oxydationsstufen von Gold und Silber erhalten, die bisher unbekannt gewesen zu sein scheinen.

Leicht oxydirbare Metalle, deren Oxyde Säuren bilden, veranlassen ebenfalls eine Zerlegung des Wasserstoffsuperoxyds; allein der Sauerstoff des letztern geht dann nicht fort, sondern verbindet sich mit dem Metalle, welches er zur Säure oxydirt. Dieſs ist der Fall mit Selenium, Arsenik, Wolfram und Molybdän. Die zwei erstern oxydiren sich unter Erscheinung von Feuer, wenn das Superoxyd nicht zu sehr verdünnt ist. — Dagegen wird das Superoxyd von solchen Metallen oder deren Oxyden nicht verändert, deren Oxyde Salzbasen bilden.

Einige thierische Stoffe wirken auf dieselbe Weise auf das Superoxyd, wie die edlen Metalle, z. B. der Faserstoff des Blutes, welcher das Sauerstoffgas daraus vertreibt, während das Eiweifs das Superoxyd unverändert läfst.

Ein geringer Gehalt von Säure schützt das Wasserstoffsuperoxyd, wie ich schon oben erwähnt, vor der Zerlegung; wogegen Auflösungen der Alkalien dieselbe auf eine so ganz ausgezeichnete Weise beschleunigen, daſs das

Superoxyd selbst durch die bloße Berührung mit Glas, und ohne einen anderen Zusatz, die Flaschen zersprengt, worin es eingeschlossen ist. Dagegen kann man es mit Säure gemischt aufbewahren, wenn man es in einer niedrigen Temperatur hält, und gewisse Säuren, zu welchen die Fluß- und Phosphorsäure gehören, haben die Eigenschaft, dasselbe in verdünntem Zustande, und sogar wenn es bis zum Kochen erhitzt wird, zu bewahren.

Dieß sind die Hauptsachen, welche wir durch Thénards höchst interessante Versuche über diesen Körper bis jetzt kennen. Thénard glaubte anfänglich, daß die Säuren, womit das Barytsuperoxyd zerlegt wird, überoxydirt würden, und bemühte sich, diese überoxydirten Säuren kennen zu lernen. Allein da er niemals eine Vermehrung des Sauerstoffs der angewandten Säuren in irgend einem Verhältnisse auffinden, auch eben so wenig einen Unterschied zwischen den Salzen dieser (vermeintlich) überoxydirten Säuren und den Salzen der gewöhnlichen Säuren entdecken konnte, so fing er endlich an zu untersuchen, ob nicht der Sauerstoff vom Wasser aufgenommen werde, und es gelang ihm endlich, nach einer Reihe von mühsamen und kostbaren Versuchen, das Wasserstoffsuperoxyd für sich darzustellen und dessen Natur zu bestimmen.

Ich habe bis hierher bloß Thatsachen angeführt, ohne eine Erklärung oder Meinung darüber beizufügen, und werde nunmehr versuchen, diese Thatsachen, so weit es bis jetzt möglich ist, unter eine allgemeine Ansicht zusammen zu stellen.

Das Superoxyd der Baryterde ist bis jetzt das einzige unter den bekannten Superoxyden, welches sich mit Wasser verbinden läßt; und zwar nimmt dasselbe eine solche Menge davon auf, daß der Sauerstoff des Wassers dem überschüssigen Sauerstoffe des Superoxyds gleich ist. Die starke Verwandtschaft der Baryterde zu den Säuren macht, daß jene in Berührung mit diesen sich sowohl vom Wasser, als auch von ihrem überschüssigen Sauerstoffe losreißt, welche beide in dem Augenblicke, wo diese Tren-

nung geschieht, schon verbunden sind, in dieser Verbindung bleiben und das Superoxyd des Wasserstoffs bilden. Eben dasselbe würde auch natürlicherweise bei jedem andern Superoxyde eintreten, welches Wasser enthält, allein bei wasserfreien Superoxyden tritt diese Erscheinung nicht ein, sondern bei deren Zerlegung durch Säuren entweicht entweder der Sauerstoff in Gasgestalt, oder verbindet sich mit der Säure, wenn diese Verwandtschaft zu ihm hat. — Die Behandlung des Barytsuperoxyds mit Schwefelsäure würde das Verfahren bedeutend abkürzen; allein Thénard fand, daſs in diesem Falle der Sauerstoff gröſstentheils in Gasgestalt entweicht, und daher rührt der weite Umweg, den man bei Bereitung des Wasserstoffsuperoxyds einschlagen muſs. Die Salzsäure durch Silberoxyd auszuscheiden, geht eben so wenig an, weil das Wasserstoffsuperoxyd vom Silberoxyd zerlegt wird.

Die Eigenschaft des Wasserstoffsuperoxyds, in Berührung mit edlen Metallen oder deren Oxyden in Wasser und Sauerstoff, unter Wärmeentwickelung, zerlegt zu werden, und zugleich diese Oxyde zu Metall zu reduciren, ist eine Erscheinung, welche wir bis jetzt noch nicht haben erklären können. Wir sehen hier keine chemische Verwandtschaft wirken, vielmehr umgekehrt eine schon bestehende chemische Verbindung aufgehoben, und dabei die Temperatur mitunter bis zum Ausbruche von Feuer sich erhöhen. Thénard hat die Vermuthung geäuſsert, daſs diese Wirkung elektrisch sein könne. Diese Muthmaſsung wird zwar durch unsere bisherigen Kenntnisse von der Elektricität nicht gerechtfertiget, gleichwohl aber dadurch bekräftiget, daſs alle diejenigen Körper, welche, bei Berührung des Wasserstoffsuperoxyds, dieses letztere zerlegen, sich in der elektrischen Reihe gegen das Wasser elektronegativ verhalten; dagegen bleibt das Superoxyd in Berührung mit solchen Körpern unverändert, welche gegen das Wasser elektropositiv oder indifferent sind. — Wenn man der Flüssigkeit, welche das Wasserstoffsuperoxyd enthält, eine lösliche Säure beimengt, so tritt die

Flüssigkeit dadurch zur Klasse der elektronegativen Körper über und geräth in eine elektrische Indifferenz, oder nimmt wenigstens einen bedeutend geringeren elektrischen Gegensatz gegen feste elektronegative Körper an, und das Wasserstoffsuperoxyd erhält sich dabei unzerlegt. Mengt man aber die Flüssigkeit mit einem darin löslichen alkalischen Stoffe, so geht sie dadurch zur Klasse der elektropositiven Körper über; der elektrische Gegensatz zwischen ihr und den mit ihr in Berührung stehenden, mehr oder weniger elektronegativen Körpern, wird verstärkt, und das Superoxyd nunmehr mit Heftigkeit zerlegt, und zwar selbst durch solche Körper, die so wenig ausgezeichnet elektronegativ sind, dafs sie in ihrem reinen Zustande wenig darauf wirken.

Wiewohl wir hiernach nicht wohl einsehen können, warum und auf welche Weise dieser elektrische Gegensatz zwischen dem liquiden Superoxyde und den mit demselben in Berührung kommenden festen Körpern eine Zerlegung desselben hervorzubringen vermöge; so können wir doch durch diese Ansicht jene Erscheinung auf ein allgemeines Verhalten zurückführen, welches uns möglich macht, *a priori* zu bestimmen, welche Körper eine Zerlegung des Wasserstoffsuperoxyds hervorbringen, oder nicht. Ob die hierbei statt findende Entwickelung von Wärmestoff eine Folge des elektrischen Gegensatzes, oder eines bei der Zersetzung selbst eintretenden Umstandes sei, läfst sich schwer ausmachen.

Ehe ich die Lehre vom Wasser verlasse, mufs ich noch von einigen chemischen Erscheinungen sprechen, deren nähere Kenntnifs uns zur Beschreibung der übrigen Körper nothwendig ist. Diese sind Befeuchtung, Auflösung und Krystallisation eines in Wasser aufgelösten Körpers.

1. Befeuchtung.

Fast alle Körper, welche das Wasser berührt, werden davon nafs, und das Wasser dringt in ihre Poren

ein. Im Vorhergehenden haben wir gesehen, dafs poröse Körper aus der Luft Wasser condensiren, und fast alle feste Körper haben die Eigenschaft, auf ihrer Oberfläche eine Portion Wassers zu behalten, welches nur bei sehr hoher Temperatur wegtrocknet, weil es durch Adhäsion einen bedeutenden Theil seiner Tension verloren hat. Vor allen ist diese Wirkung des Wassers bemerkbar auf festen organischen Körpern, besonders den thierischen, welche in getrocknetem Zustande gewöhnlich hart und halbdurchscheinend sind, aber durch Einsaugen von Wasser die ihnen eigenthümliche Biegsamkeit, Zähigkeit und Farbe erhalten, die sie nicht durch Einränkung in Salzwasser, Weingeist oder Oel bekommen. Diese Wirkung des Wassers steht gerade auf der Grenze zwischen den mechanischen und chemischen Erscheinungen.

Die Ursache, dafs ein fester Körper von einer Flüssigkeit nafs wird, liegt darin, dafs die kleinsten Theilchen der Flüssigkeit eine gröfsere Anziehung zu dem festen Körper haben, als zu einander selbst, welches auch die Ursache des Einsaugens von Flüssigkeiten in Haarröhrchen ist. Es wird in diesen Fällen, nach Pouillets Versuchen, Wärme entwickelt, welche jedoch in den meisten Fällen wenig bemerkbar ist, indem sie nur $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{2}$ Grad beträgt; aber bei der Befeuchtung von vegetabilischen und thierischen Materien mit Wasser entsteht eine Temperatur-Erhöhung von 2 bis 5 Grad. Diese Entwickelung von Wärme findet auch beim Anfeuchten mit Weingeist, Aether, Oelen u. a. statt.

2. Auflösung.

Auflösung heifst, wenn sich ein fester Körper mit einer Flüssigkeit (einem tropfbarflüssigen Körper) so verbindet, dafs er in dieser Verbindung flüssig wird, z. B. wenn ein Salz im Wasser gelöst wird. Die Flüssigkeit nennt man dann das Lösungsmittel, der vorher feste Körper heifst aufgelöst, und die neue Verbindung eine Auflösung. Kein Vergröfserungsglas entdeckt eine Spur

von ungleichartigen Stoffen darin, sondern alles zusammen bildet eine gleichartige Masse. — Man unterscheidet zuweilen Lösung und Auflösung; das letztere deutet dann an, dafs der feste Körper, um aufgelöst zu werden, in seiner Zusammensetzung verändert werden mufs; z. B. wenn kohlensaurer Kalk in Salzsäure aufgelöst wird, wo die Kohlensäure ausgetrieben wird; oder wenn sich ein Metall in einer Säure auflöst und entweder diese oder das mit anwesende Wasser zersetzt, um sich während des Auflösens oxydiren zu können. Ich habe immer auf diese Unterscheidung keine Rücksicht genommen, da sie besser durch die Natur der in Frage kommenden Körper, als durch Worte bestimmt wird.

Hier ist nur von derjenigen Art der Auflösung die Rede, bei welcher keine chemische Eigenschaft des Körpers durch die Verbindung verändert wird, wie z. B. die Lösung des Salzes in Wasser, nicht aber von einer solchen, wo durch die Verbindung des festen Körpers mit dem Lösungsmittel ein neuer, dem vorigen in seinen Eigenschaften unähnlicher Körper entsteht, wie wenn Alkalien oder Erdarten sich mit Säuren verbinden und Salze bilden.

Das allgemeine Lösungsmittel ist das Wasser; doch können auch alle andere flüssige Körper, z. B. Alkohol, Naphta, Essig, geschmolzene Metalle u. s. w., Lösungsmittel abgeben. Man sollte wohl auch den Wärmestoff als Lösungsmittel, und alle geschmolzene Körper, als in Wärmestoff aufgelöst, betrachten. Man nannte früherhin das Schmelzen eine einfache Lösung, und die Auflösung in einer Flüssigkeit eine zusammengesetzte; weil zur Verwandlung eines festen Körpers in die tropfbarflüssige Gestalt die Aufnahme von Wärmestoff erforderlich ist, und derselbe sonach durch Wärme und Flüssigkeit zugleich aufgelöst werden mufs.

Auflösungen werden durch Wärme erleichtert, nicht allein in sofern, dafs die Lösung schneller erfolgt, sondern auch dadurch, dafs warme Auflösungsmittel weit mehr als kalte auflösen. Je feiner der feste Körper gepulvert ist, und je mehr das Lösungsmittel damit umge-

schüttelt wird, desto rascher geht die Lösung von statten, weil im ersteren Falle die Oberfläche des festen Körpers um so viel gröfser, und im letztern Falle das Lösungsmittel um so viel öfter gewechselt wird. Läfst man ein Gemenge von Salz und Wasser in völliger Ruhe stehen, so löst das Wasser unten so viel auf, als es vermag, und das Wasser wird oben wenig Salz halten, weil das salzhaltigste wegen seiner Schwere am Boden zurückbleibt; schüttelt man aber dann das Gemenge um, so erfolgt die Lösung des Salzes von Neuem und es wird nun gleichförmig in der Lösung vertheilt. Die Wärme befördert eine Lösung auch noch durch die Strömung, die sie in der kälteren Flüssigkeit veranlafst, wie ich oben durch Fig. 2. Taf. 1. gezeigt habe.

Es ist bis jetzt noch unbekannt, in welchem Verhältnisse das Lösungsvermögen einer Flüssigkeit durch Erhöhung der Temperatur vermehrt wird, und ob sich dieses Verhältnifs bei allen löslichen Körpern gleich bleibt, oder Veränderungen unterworfen ist. Genaue Versuche zur Ausmittelung dieser Umstände wären für die ausübende Chemie von grofser Wichtigkeit. Hat man z. B. eine Auflösung von Salpeter, in welcher bei $+25°$ so viel als möglich aufgelöst worden ist, und dann eine andere, die bei $+75°$ gemacht ist, und mengt dann gleiche Volumina von beiden zusammen, so wird ein grofser Theil des Salpeters gefällt, weil Wasser von $+50°$ das Salz von beiden Lösungen nicht aufgelöst erhalten kann. Man sieht hieraus, dafs das Lösungsvermögen des Wassers für den Salpeter in weit geringerem Verhältnisse zunimmt, als die Anzahl der Wärmegrade.

Wenn ein Lösungsmittel bei einer gegebenen Temperatur von einem gewissen Körper nichts mehr auflösen kann, so sagt man, es sei damit gesättiget. Es kann jedoch, wenn es mit einem Stoffe gesättiget ist, auch noch einen anderen auflösen. Wenn z. B. Salpeter in Wasser gelöst wird, bis dieses nichts mehr davon aufnehmen kann, so wird das Wasser mit Salpeter gesättiget; setzt man aber dieser Salpeterlösung sodann noch schwefelsaures

Natron (Glaubersalz) hinzu, so löst dieselbe noch eine guten Theil davon auf, und kann nachher noch eine dritten, vierten Stoff u. s. w. auflösen.

Oft kann die Lösung dabei, durch die Verwandtschaft der Salze, ein neues Vermögen bekommen, vor einem oder dem anderen Salze mehr aufzulösen, womit sie vor der Mengung schon gesättiget war; so kann z. B. Wasser, welches vorher Salpeter bis zur vollen Sättigung, dann aber Kochsalz auflöst, nachher noch mehr Salpeter lösen, wenn die Lösung von neuem damit gemengt wird. Dabei entsteht zu einem gewissen Grade ein Austausch zwischen den Säuren und Basen, so dafs man 4 Salze statt zweier in der Auflösung hat und folglich die ganze Erscheinung nur eine Täuschung ist. Denn salzsaures Kali z. B. wird durch ein Gemenge mit salzsaurem Natron nicht löslicher im Wasser, und eben so wenig das salpetersaure Kali durch Mengung mit salpetersaurem Natron.

Wenn eine Auflösung, sie mag gesättiget sein, oder nicht, auf einer kalten Stelle stehen bleibt, wo sie allmählich bis zum völligen Gefrieren abgekühlt wird; so wird ihr äufserer Umfang, welcher zuerst erkaltet, weniger salzhaltig, als ihr Inneres, bis zuletzt, wenn alles erstarrt ist, die aufgelösten Stoffe alle in der Mitte zusammengedrängt sind. Wenn man z. B. einer schwachen Auflösung von Kochsalz etwas Lackmus zusetzt, so dafs das Wasser eine blauliche Farbe annimmt, und es dann frieren läfst, so wird man sehen, dafs die Farbe sich in die Mitte des Eisklumpens zieht, wo derselbe auch am salzigsten ist. War die Lösung so gesättiget, dafs sie nicht durchaus gefrieren konnte, so bleibt in der Mitte eine stärker concentrirte Lösung ungefroren zurück.

Die Ursache dieses Umstandes ist, dafs das Lösungsvermögen des warmen und kalten Wassers von ungleicher Stärke ist; wenn daher in einer Lösung, worin das Aufgelöste gleichförmig vertheilt ist, ein Theil mehr, als der andere, abgekühlt wird; so vertheilt sich das Aufgelöste so zwischen dem wärmeren und kälteren Theil, dafs beide nach Verhältnifs ihrer verschiedenen Temperatur

auf demselben Grade der Sättigung stehen. Dieſs wird jedoch in den meisten Fällen weniger deutlich sichtbar, und zwar der Bewegung halber, welche durch die Veränderungen des specifischen Gewichts der abgekühlten Theile in der Auflösung entsteht. Das abkühlende Wasser verliert indessen fortdauernd immer mehr von dem aufgelösten Stoffe, das wärmere aber nimmt verhältnifsmäfsig eben so viel davon auf, bis endlich das, was zu Eis gefriert, nur noch bloſses Wasser ist. Daher rührt es, daſs in den nördlichen Regionen des Weltmeeres, wo die Oberfläche des Meeres gefroren ist, das unmittelbar unter dem Eise befindliche Wasserlager weniger salzig wird, so daſs es trinkbar ist.

Verschiedene Körper haben die Eigenschaft, vom Wasser in einer Art Suspension, welche einer Auflösung gleicht, erhalten zu werden, wie z. B. die Bestandtheile der Milch und der Pflanzenemulsionen. Einige in Wasser unauflösliche Materien vermischen sich auf diese Art mit reinem Wasser, aber nicht mit Salzauflösungen. Es ist mit gewissen unaufgelösten oder gefällten Körpern der Fall, daſs sie sich beim Filtriren, wenn die salzhaltige Flüssigkeit durchgegangen ist und man reines Wasser aufgegossen hat, mit diesem vermischen und durch das Filtrum gehen. Sie bilden dann eine Art von Auflösung, welche bei stark durchfallendem Lichte durchsichtig, in der Reflection aber opalisirend ist, und in dieser Auflösung ähnlichen Suspension bleiben sie. Durch Zusatz einer Salmiakauflösung werden sie wieder gefällt.

Ich habe nicht unsere Vermuthungen über die innere Natur der Auflösung, so wie unsere Gründe, angeführt, nach welchen wir sie mehr als eine mechanische Erscheinung von veränderter Cohäsion, als eine Folge einer chemischen Verbindung zu betrachten haben. Ich will die Betrachtungen darüber bis zu der allgemeinen Auseinandersetzung der Theorie der unorganischen Chemie, am Schlusse des zweiten Theiles, aufschieben.

Läſst man eine Auflösung eines festen Körpers im Wasser, oder in einer anderen flüchtigen Flüssigkeit ste-

hen, so verdunstet das Flüssige davon, nach den oben angeführten Gesetzen, und die Lösung wird dadurch allmählich immer mehr und mehr gesättiget, bis endlich ein Theil des festen Körpers sich wieder absetzt und dabei eigene regelmäßige Gestalten annimmt, die man Krystalle nennt.

3. Krystallisation.

Krystallisation entsteht bei den meisten Körpern, welche aus der flüssigen Gestalt in die feste übergehen. Der gröfste Theil der geschmolzenen Körper nimmt beim langsamen Abkühlen Krystallform an, wie ich schon beim Schwefel erwähnt habe und beim Krystallisiren der verschiedenen Metalle zeigen werde. Je langsamer die Abkühlung erfolgt, desto deutlicher und gröfser werden die Krystalle.

Aber auch wenn feste Körper in irgend einer Flüssigkeit aufgelöst sind, schiefsen sie daraus in Krystalle an, wenn die Flüssigkeit erkaltet oder verdunstet. Wenn man z. B. kochendheifses Wasser auf zerstofsenen Salpeter gieſst, das Gemenge so lange umrührt, als noch Salpeter aufgelöst wird, sodann die Lösung abklärt und bei völliger Ruhe langsam erkalten läfst; so krystallisirt sich daraus derjenige Theil des Salpeters, welchen das kochendheifse Wasser mehr, als das abgekühlte, aufgelöst enthalten konnte.

Dasselbe geschieht, wenn man eine nicht völlig gesättigte Auflösung über Feuer so lange abdunstet, bis ein Theil des Wassers verflüchtiget ist, und dieselbe dann langsam erkalten läfst; der Theil des Aufgelösten schiefst in Krystalle an, der sich zwar in der kochenden Lösung erhalten konnte, in der erkalteten sich aber nicht mehr aufgelöst zu erhalten vermochte. Wenn man eine solche Auflösung abdunsten will, kann man das Einkochen so lange fortsetzen, bis sich ein Salzhäutchen auf der Oberfläche zeigt, welches andeutet, dafs so viel Wasser verdunstet ist, dafs das kochendheifse nicht mehr alles aufgelöst erhalten kann, oder bis ein Tropfen, den man auf

kaltes Blech fallen läfst, kleine Krystallchen giebt. Man läfst sodann die Lösung auf einer kühlen Stelle ruhig zum allmählichen Anschiefsen stehen. Den nicht krystallisirten Rückstand nennt man die Mutterlauge; er kann durch abermalige Verdunstung von neuem zum Krystallisiren gebracht werden, und wenn das aufgelöste Salz rein war, kann man damit bis zum letzten Tropfen fortfahren. Die Körper, welche im kalten und warmen Wasser beinahe einen gleichen Grad von Löslichkeit haben, krystallisiren nicht durch Abkühlung, sondern blofs durch fortgesetzte Abdunstung; von dieser Art sind das salzsaure Natron (Kochsalz), der schwefelsaure Kalk (Gyps) und einige andere.

Ure machte die Beobachtung, dafs in einer krystallisirenden Flüssigkeit, wenn man dieselbe der Ausladung der elektrischen Säule aussetzt, die Krystallisation allemal am negativen Leiter ihren Anfang nimmt. Indessen ist es noch ungewifs, ob die elektrische Vertheilung hierbei einen anderen Einfluſs hat, als den, dafs die freiwerdende Säure, welche in den meisten Fällen die Löslichkeit der Salze im Wasser vermehrt, das Anschiefsen der Krystalle auf der positiven Seite verhindert. Es ist überdiefs bekannt, dafs in Lösungen von Salzen mit alkalischer Basis ein Ueberschufs von letzterer zur Beförderung des Krystallisirens beiträgt.

Je langsamer die Krystallisation vor sich geht, desto gröfser und deutlicher werden die Krystalle, und umgekehrt, je schneller, desto kleiner und undeutlicher. Am besten und vollkommensten erhält man die Krystalle, wenn die Lösung, sich selbst überlassen, nach mehreren Wochen allmählich verdunstet. Die Gröfse und Regelmäfsigkeit der Krystalle kann auch zuweilen durch gewisse andere Umstände befördert werden. So erhält man z. B. ungewöhnlich grofse und deutliche Krystalle vom Salpeter, wenn man ihn in kochendheifsem Kalkwasser auflöst, welches jedoch auf andere Salze keine ähnliche Wirkung thut. Auch Ruhe trägt zu einer langsamen und regelmäfsigen Krystallisation bei, Bewegung hingegen beschleu-

niget dieselbe zwar, macht aber, dafs die Krystalle klein und undeutlich werden. Daher pflegt man z. B. beim Zuckersieden, wo eine schnelle und körnige Krystallisation der eingekochten Zuckerlauge beabsichtiget wird, sobald derselbe in die Zuckerhutformen hineingegossen ist, sie stark und oft mit Holzstecken umzurühren; will man hingegen den Zucker in deutlichen Krystallen anschiefsen lassen, wie beim sogenannten Kandiszucker, so läfst man die Zuckerlauge weniger stark einkochen und dann auf einer sehr warmen Stelle stehen, wo das Wasser allmählich verdunstet und der Zucker aus seiner Auflösung langsam anschiefst.

Wenn feste Körper, z. B. dünne Holzstäbchen, Fäden u. d. m., in eine solche krystallisirende Lösung gebracht werden, so setzen sich die Krystalle an dieselben an, so dafs sie gleichsam den Kern der Krystallrinde bilden. Daher sieht man im Kandiszucker Fäden quer durch die Krystallmasse gehen, die in das Gefäfs eingehängt worden sind, um den Zucker daran anschiefsen zu lassen; und auf Vitriolwerken steckt man in die eingekochte Vitriol-Lösung kleine Stäbchen, an welche die Krystalle sich ansetzen und womit sie zugleich herausgenommen werden können.

Dieser Umstand, dafs Salze sich besonders leicht an feste Körper ansetzen, die sich zufällig in der Lösung befinden, veranlafst eine schwere Krankheit bei Menschen und Thieren, den Stein, wo sich Steine in der Urinblase, den Gedärmen und anderen Eingeweiden bilden. Der Urin z. B. enthält eine Menge aufgelöster Salze, die zum Theil schwer löslich und leicht krystallisirbar sind; setzt sich nun zufällig irgend ein festes Körperchen in der Blase ab, so fangen diese Salze, ehe noch der Urin herausgelassen wird, an, sich krystallinisch daran anzusetzen, und bilden so einen Stein, der fortdauernd zunimmt. Wenn man nach dem Tode des Kranken, oder durch chirurgische Operation den Stein herausnimmt und zerschlägt, so findet man in dessen Mittelpunkte den festen Körper als einen kleinen Kern.

Wenn man in eine Salzlösung einen Krystall gleicher Art bringt, so wird dadurch, vermöge der Zusammenhangs-Verwandtschaft, daſs Anschieſsen noch mehr befördert, und man kann aus einer Flüssigkeit, die mehrere Salze aufgelöst enthält, nach Belieben das eine von diesen Salzen allein krystallisiren lassen, wenn man einen Krystall von diesem Salze hineinbringt. Wenn man z. B. 2 Theile salpetersaures Kali (Salpeter) und 3 Theile schwefelsaures Natron (Glaubersalz) in 5 Theilen lauwarmen Wasser löst, die Lösung in zwei Flaschen gieſst, die davon völlig gefüllt werden, und dann in die eine einen Salpeter-, in die andere aber einen Glaubersalzkrystall bringt, nachher die Flaschen in schneegemengtes Wasser stellt; so schieſst in der einen nur Salpeter, in der andern nur Glaubersalz an.

Ein groſser Theil der Krystalle, welche aus Wasser anschieſsen, verbindet sich mit einer gröſseren oder geringeren Menge desselben; dieses Wasser geht in fester Gestalt in die Zusammensetzung der Krystalle ein, und giebt ihnen sehr oft Durchsichtigkeit oder Farbe und Zusammenhang. Dieses Wasser nennt man Krystallwasser. Manche Krystalle enthalten viel Wasser, z. B. Alaun, Glaubersalz u. s. w. Andere enthalten dagegen gar keines, wie z. B. schwefelsaures Kali, Kochsalz, Salpeter. Ein Salz, welches sich mit Krystallwasser vereiniget, nimmt stets ein bestimmtes Verhältniſs davon auf, wie ich bei der Uebersicht der Gesetze für die Zusammensetzung der unorganischen Natur zeigen werde, indem ich hier nur vorläufig bemerke, daſs der Sauerstoff des Wassers ein Multiplum oder Submultiplum nach einer ganzen Zahl von dem Sauerstoffe der Salzbasis (d. h. des Alkali's, der Erde oder des Metalloxyds) ist, welches im Salze enthalten. Manche Salze können sich mit zwei verschiedenen Antheilen Wasser verbinden, nehmen aber dann auch verschiedene Gestalten an. Andere hingegen können sowohl mit, als ohne Wasser krystallisiren; die Grundgestalt ihrer Krystalle ist aber dann ebenfalls verschieden.

Alle Krystalle, welche aus Flüssigkeiten anschiefsen, enthalten aber, aufser dem Krystallwasser, noch etwas mechanisch eingeschlossene Mutterlauge, wodurch das krystallisirte Salz mehr oder weniger unrein wird, je nachdem die Mutterlauge mehr oder weniger fremde Beimengungen enthält. Hierauf gründet sich die Nothwendigkeit, die Salze durch wiederholtes Auflösen und Krystallisiren zu reinigen. Je gröfser ein Krystall ist, desto mehr Mutterlauge kann er in seinen Poren einschliefsen, und umgekehrt. Man hat es daher vortheilhaft gefunden, manche Stoffe, z. B. Salpeter, Alaun, Zucker u. d. m., durch schnelles Abkühlen und stetes Umrühren in kleinen Körnern anschiefsen zu lassen, die keine bedeutende Menge Mutterlauge einschliefsen können.

Gewisse Salze haben die Eigenschaft, dafs sie bei schneller Erhitzung zerknistern und umher springen, was man decrepitiren nennt. Die Ursache davon ist, dafs das mechanisch eingeschlossene Wasser Gasgestalt annimmt und die Krystalle zersprengt. Das Wasser, welches auf diese Weise fortgeht, ist niemals Krystallwasser, denn dieses reifst sich zuerst auf der Oberfläche los, und hinterläfst hier hinlängliche Oeffnungen für das nachfolgende. Sehr wenig decrepitirende Salze enthalten Krystallwasser, wiewohl es nicht an Beispielen von Salzen mit Krystallwasser fehlt, welche zerknistern. Dergleichen sind z. B. das essigsaure Kupferoxyd, der krystallisirte Brechweinstein u. a. Bei einer Temperatur, welche noch nicht hinreichend ist, das mit dem Krystall chemisch gebundene Wasser zu befreien, nimmt das mechanisch eingeschlossene schon Gasgestalt an und zersprengt die Krystalle gewaltsam.

Zwischen der Art und Weise, wie das Wasser sich mit andern Körpern in der Gestalt von Krystallisationswasser verbindet, und der wie feste Körper im Wasser sich zu einer flüssigen Masse auflösen, findet ein sehr wesentlicher Unterschied statt. Man kann das letztere mehr als eine mechanische Erscheinung betrachten, wobei die kleinsten Theilchen des aufgelösten Körpers durch

eine Kraft (die zuverlässig ebenfalls auch eine Art von chemischer Verwandtschaft ist) sich zwischen die kleinsten Theilchen des Wassers hineinschieben, so dafs sie alle in gleicher Entfernung von einander zu liegen kommen. Dadurch werden die kleinsten Theilchen des aufgelösten Körpers über ein gröfseres Volumen ausgebreitet, und je weiter dieselben darin von einander entfernt werden, desto mehr Wärmecapacität gewinnt der aufgelöste Körper, desto mehr sinkt die Temperatur, und desto mehr Kälte entsteht, im Vergleich mit der Menge des Aufgelösten. Wenn sich hingegen ein Körper mit Krystallwasser verbindet, so entsteht dabei, wie bei allen chemischen Verbindungen, Wärme, und die Temperatur erhöht sich oft sehr bedeutend. Daher wird immer Wärme erzeugt, wenn man eine sehr geringe Menge Wasser auf ein Salz gieſst, welches sein Krystallwasser verloren hat; gieſst man aber mehr Wasser zu, und die Auflösung nimmt ihren Anfang, so entsteht Kälte.

Die Benennung: Krystallwasser, ist übrigens wenig passend. Viele im Wasser auflösliche Körper enthalten solches Wasser in grofser Menge, selbst wenn sie nicht krystallisirt sind und in Pulverform niedergeschlagen werden, z. B. kohlensaure Talkerde und die meisten unlöslichen Erd- und Metallsalze; besser ist die Benennung: chemisch-gebundenes Wasser, ob sie gleich länger ist. Körper, welche Wasser chemisch binden können, sind deshalb nicht immer im Wasser löslich, wie dieſs der Fall mit den eben angeführten Salzen ist; andere hingegen können kein Wasser binden, werden aber leicht davon aufgelöst, wie z. B. Salpeter, Kochsalz u. m. a.

Gewisse Krystalle verlieren in trockener Luft nach und nach ihr chemisch gebundenes Wasser und zerfallen zu einem weifsen, undurchsichtigen Mehle, wie Glaubersalz, kohlensaures Natron u. m. a. Dieſs nennt man verwittern, fatisciren. Wenn man solche Krystalle erhitzt, so schmelzen sie anfangs in ihrem Krystallwasser, trocknen aber dann während der Verdunstung des Wassers ein, und erfordern nachher zum Schmelzen einen

hohen Grad von Glühhitze. Wenn man auf ein solch verwittertes Salz so viel Wasser gießt, als es zum Krystallisationswasser bedarf, so verbindet es sich damit, und wird, nach längerer oder kürzerer Zeit, zu einer harten halbdurchsichtigen Masse. Das schwefelsaure Natron z. B. enthält auf 100 Theile 57 Theile Krystallwasser; läfs man es nun verwittern und mengt es dann nach diesem Verhältniß mit Wasser, oder 2 Theile Salz mit 3 Theilen Wasser, so erhält man nach einiger Zeit eine feste Masse, wobei sich der Wärmestoff des Wassers langsam entwickelt. Darauf gründet sich z. B. die Bereitung der Gyps-Medaillen. Man erhitzt nämlich den Gyps so, daß er sein Krystallwasser verliert, pulvert ihn dann fein, rührt ihn mit Wasser zu einem Breie, und gießt diesen in die Formen, wo er nach einer Weile erhärtet, während der Gyps das Wasser chemisch bindet und die Masse lauwarm wird.

Verschiedene andere Körper, besonders solche, die eine so starke Verwandtschaft zum Wasser haben, daß sie schwer zum Krystallisiren gebracht werden können, besitzen die ganz entgegengesetzte Eigenschaft, in der Luft feucht zu werden, zu deliquesciren. Wenn die Verwitterung daher entsteht, daß das Krystallwasser in der trockenen Luft verdunstet; so rührt das Deliquesciren daher, daß das Salz, vermöge seiner Verwandtschaft zum Wasser, das der Luft beigemengte Wassergas als tropfbar flüssiges Wasser niederschlägt und sich darin löst.

So wie bei Lösungen Wärme gebunden wird und Kälte entsteht, so wird auch bei jeder Krystallisation Wärme erzeugt, weil sowohl der aufgelöste Körper, als das Krystallwasser, bei Annahme der festen Gestalt den Wärmestoff loslassen, der sie flüssig erhielt. Dieß sieht man zuweilen an Lösungen von Alaun, essigsaurem Natron u. m. Salzen, die unter gewissen Umständen bei vollkommener Ruhe nicht krystallisiren, ungeachtet sie mehr als hinreichend abgedunstet sind; schüttelt man aber die Lösung um, so schießt sie fast auf einmal an und wird

wird dabei durch den Wärmestoff erwärmt, welcher sich von den anschiefsenden Krystallen losreifst.

Ein grofser Theil der krystallisirten Mineralien, welche wir aus dem Schoofse der Erde hervorholen, bildet sich auf die Weise, dafs Wasser, welches ihre Bestandtheile entweder aufgelöst, oder in der feinsten mechanischen Zertheilung zusammengeschlämmt enthält, ganz allmählich und tropfenweise darüber hinfliefst, wobei sich jene Stoffe absetzen und bei ihrer langsamen Aneinanderhäufung regelmäfsige Krystallgestalten annehmen. In diesen Krystallen findet man daher, wie in den Salzen, sehr oft Krystallisationswasser. Wenn man Steine dieser Art in einer Retorte glüht, so geht dieses Wasser in Dämpfen über und kann in der Vorlage gesammelt werden. Fast alle Mineralien enthalten, wie die künstlich bereiteten Salze, eine Portion mechanisch eingeschlossenes Wasser, von $\frac{1}{2}$ bis zu 1 ganzen Procent ihres Gewichts. Dafs dieses Wasser ein Theil der Mutterlauge sei, aus welcher sie sich krystallisirt haben, und sonach vom Meerwasser herrühre, ist durch Davy's Versuche höchst wahrscheinlich geworden, bei welchen er mit Hülfe der elektrischen Säule aus allen eine geringe Menge Salzsäure und Natron abschied.

Manche Salze haben die Eigenschaft, oberhalb ihrer Auflösung, an den obersten Rändern der Gefäfse, worin sie aufbewahrt werden, in Gestalt körniger Auswüchse anzuschiefsen. Dieſs nennt man **effloresciren**. Die Salze, welche sich darin am meisten auszeichnen, sind saures schwefelsaures Kali, benzoesaures Ammoniak, kohlensaures Natron, schwefelsaures Zink u. m. a. Diese Efflorescenzen bilden sich auf die Weise, dafs die Lösung an den Wänden des Gefäfses verdunstet und ein kleines Salzkorn hier anschiefst; zwischen diesem Korne und dem Gefäfse saugt sich dann wieder etwas weniges von der Lösung ein, welches abermals verdunstet und ein neues Korn neben dem ersten ansetzt. Zwischen denselben zieht sich nun immer mehr von der Lösung in die Höhe, und es bilden sich immer neue Ansätze, so

lange die auswachsende Efflorescenz ihre eigene Schwere ertragen kann. Eine leichte Art, schöne Efflorescenzen zu erhalten, ist, wenn man in eine etwas concentrirte Lösung von saurem schwefelsauren Kali ein Stäbchen von Kiefern- oder Tannenholz stellt. Die Flüssigkeit saugt sich da in die, nach der Länge laufenden Fasern des Holzes ein, und fängt in Kurzem an, am oberen Ende desselben eine sehr schöne Vegetation zu bilden. Eben so findet man oft an alten Mauern kohlensaures Natron in Gestalt eines ästigen Pilzes ausgewittert.

Auflösung der Gase in Flüssigkeiten.

Nachdem ich im Vorhergehenden von der Lösung fester Körper gehandelt habe, werde ich nunmehr noch einige Worte von der Vereinigung der Gase mit tropfbar flüssigen Körpern anführen. Diese Vereinigung ist von doppelter Art; entweder saugt nämlich das Wasser bedeutend mehr, als sein eigenes Volumen, von dem Gase ein, und das Gas verliert einen grofsen Theil seines Wärmestoffs, wodurch die Flüssigkeit mehr oder weniger erwärmt wird, oder das Wasser saugt nur ein gleiches Volumen Gas, oder noch weniger ein, wobei der Wärmestoff des Gases nicht frei wird. Im ersten Falle ist es eine wirkliche chemische Vereinigung, eine Verbindung des Gases mit Wasser; so wird z. B. salzsaures Gas oder Ammoniakgas im Wasser gelöst. Im letzteren Falle betrachtet man es blofs als ein mechanisches Einschieben des Gases in die Poren des Wassers, die es, wie jeden unausgefüllten Raum, nach und nach durchdringt. In diesem Falle befinden sich das kohlensaure Gas, Sauerstoffgas, Stickstoffgas, Wasserstoffgas, und die meisten übrigen Gasarten.

Ob nicht in der Art, wie diese ungleich löslichen Gasarten vom Wasser aufgenommen werden, noch eine innere Verschiedenheit statt finde, ist uns unbekannt, und wir müssen es unausgemacht lassen, ob nicht etwa in Hinsicht der verschiedenen Grade ihrer Löslichkeit unge-

fähr ein ähnlicher Unterschied statt finde, wie bei den festen Körpern, von welchen manche in grofser Menge, andere nur in geringer Menge vom Wasser aufgenommen werden. Dalton glaubte ein bestimmtes Verhältnifs aufgefunden zu haben, in welchem die Gasarten von dünnflüssigen Liquidis aufgenommen würden, welchen er sämmtlich ein gleiches Absorptionsvermögen zuschrieb. Dieses Verhältnifs betrug, nach seiner Meinung, entweder ein gleiches Volumen mit der Flüssigkeit, oder $\frac{1}{6}$, $\frac{1}{27}$, $\frac{1}{64}$, $\frac{1}{125}$ von dem Volumen desselben, welche Ziffern die Cubikzahlen von $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$ und $\frac{1}{5}$ sind. Die Ursache davon konnte er, seinem eigenen Geständnisse nach, nicht einsehen, wollte aber doch diese Verhältnisse durch Versuche wirklich aufgefunden haben. Spätere Untersuchungen haben jedoch dargethan, dafs diese Angaben gänzlich unrichtig sind und mit der Erfahrung nicht übereinstimmen.

Die besten und fast einzigen Versuche von wahrhaft wissenschaftlichem Werthe, welche wir über das Einsaugen der Gase in Flüssigkeiten besitzen, sind die, welche neuerlich Saussure d. J. angestellt hat. Er fand, dafs Dalton sich geirrt habe, und es ist, nach seinen Versuchen, höchst wahrscheinlich, dafs das Einsaugen der Gasarten vom Wasser eine ganz analoge Erscheinung mit der Absorption derselben von porösen festen Körpern (z. B. Kohle) sei. Saussure bediente sich zu seinen Versuchen eines luftfreien Wassers, und fand, dafs die Luft, durch ein, mehrere Stunden lang fortgesetztes Kochen, zwar nicht absolut, aber doch fast gänzlich daraus vertrieben werden könne. Dasselbe geschieht auch bei anderen Flüssigkeiten, wiewohl die Luft in sofern weniger vollkommen aus ihnen vertrieben wird, als sie bei verhältnifsmäfsig niederer Temperatur kochen, so dafs Alkohol und Aether weniger von der Luft befreit werden können, als das Wasser. Auch unter der Luftpumpe läfst sich die Luft herausziehen, doch weniger vollkommen, als durch Kochen.

Saussure befreite mehrere Flüssigkeiten so vollkom-

men als möglich von der Luft, und untersuchte dann ihr Vermögen, verschiedene Gasarten einzusaugen. Die Resultate sind in folgender Tabelle enthalten, welche von der Voraussetzung ausgeht, dafs 100 Volumina oder Maafstheile der Flüssigkeit angewandt worden sind; die leeren Stellen deuten an, dafs hier keine Versuche angestellt worden sind.

Absorbirte Gasarten.	Wasser.	Gesättigte Lösung v. Kochsalz.	Alkohol.	Bergaphta.	Lavendelöl.	Baumöl.
Schwefelsaur. Gas	4378,0	—	11577,0	—	—	—
Schwefelwasserstoffgas	253,0	—	606,0	—	—	—
Kohlensaur. Gas	106,0	67,0	186,0	169	191	151
Gasförmig. Stickstoffoxydul	76,0	29,0	153,0	254	275	150
Oelbildendes Gas	15,5	10,0	127,0	261	209	122
Sauerstoffgas	6,5	—	16,25	—	—	—
Kohlenoxydgas	6,2	5,2	14,5	20	15,6	14,2
Wasserstoffgas	4,6	—	5,1	—	—	—
Stickstoffgas	4,2	—	4,2	—	—	—

Aus diesen Untersuchungen ersehen wir, dafs die Capacität der verschiedenen Flüssigkeiten für ein und dasselbe Gas verschieden sei, und dafs dieselben nicht, wie Dalton glaubte, einerlei Einsaugungs-Vermögen besitzen. Eben so wenig sind die Mengen der verschiedenen Gasarten, welche von den verschiedenen Flüssigkeiten eingesogen werden, unter einander proportional. Hieraus scheint also zu folgen, dafs die Zusammensetzung einer Flüssigkeit auf ihr Absorptions-Vermögen einen wesentlichen Einfluſs habe, welcher entweder in der Verschiedenheit der Verwandtschaften, oder in der verschiedenen Gestalt der kleinsten Theilchen und der daraus entstehenden Verschiedenheit ihrer Zwischenräume, in welchen die Gase sich eindrängen und zusammengedrückt werden, sei-

nen Grund haben möchte. Wasser, worin Kochsalz aufgelöst ist, hat einen grofsen Theil seines Vermögens, Gasarten einzusaugen, verloren, und dieſs ist, wie wir weiter unten sehen werden, verschieden, je nachdem verschiedenartige Salze im Wasser aufgelöst sind. Sehr wenige Ausnahmen abgerechnet, ist es der Fall, dafs je leichtlöslicher ein Salz ist, und jemehr sich also davon in ein gegebenes Volumen Wasser eindrängen kann, das Vermögen des Wassers, Gas einzusaugen, desto mehr vermindert wird, so dafs dieses Einsaugungs-Vermögen in demselben Verhältnisse abnimmt, als das specifische Gewicht der Lösung zunimmt.

Zähe und breiartige Flüssigkeiten saugen nicht weniger Gas, als dünnflüssige, ein; allein die Einsaugung geht deshalb langsam von statten, weil sich das Gas langsamer durch die ganze Masse gleichförmig verbreitet. Im Allgemeinen hat ein Liquidum desto gröfsere Capacität für Gase, je geringer sein specifisches Gewicht ist, daher es den Anschein gewinnt, als beruhte das Einsaugungs-Vermögen einzig und allein auf der Porosität der Flüssigkeit, die bei leichteren weit gröfser sein mufs, als bei schwereren Flüssigkeiten. Da das Einsaugungs-Vermögen der Flüssigkeiten vermindert wird, wenn feste Körper in ihnen aufgelöst sind; so scheint es, als ob diese festen Körper die Poren ausfüllten, in welche sich sonst die Gasarten eindrängen würden. Daraus könnte man wieder den Schlufs ziehen, dafs das Einsaugen der Gase und die Auflösung fester Körper, ihrem inneren Verlaufe nach, eine und dieselbe Naturerscheinung sei, und dafs der Unterschied nur darin liege, dafs die Einen feste Gestalt aus der Auflösung anzunehmen, die Anderen aber in Gasgestalt aus ihr zu entweichen streben.

Was das relative Einsaugungs-Vermögen der verschiedenen Flüssigkeiten anbelangt, so fand Saussure, dafs die Kohlensäure von folgenden Flüssigkeiten in den beigefügten Verhältnissen absorbirt wird:

Namen der Flüssigkeiten.	Spec. Gewicht.	Ein Volum d. Flüssigkeit nimmt d. Procenten nach Kohlensäure auf.	100 Theile der Auflösung im Wasser enthalten:
Alkohol	0,803	260	
Schwefeläther	0,727	217	
Lavendelöl	0,88	191	
Thymianöl	0,89	188	
Weingeist	0,84	187	
Bergnaphta	0,784	169	
Terpenthinöl	0,86	166	
Leinöl	0,94	156	
Baumöl	0,915	151	
Wasser	1,000	106	
Salzsaures Ammoniak	1,078	75	27,53 kryst. Salz, gesätt. Auflösung.
Arabisches Gummi	1,092	75	25 Gummi.
Zucker	1,104	72	25 Zucker.
Alaun	1,047	70	9,14 kr. Salz, ges. Auflös.
Schwefelsaures Kali	1,077	62	9,42 kr. Salz, ges. Auflös.
Salzsaures Kali	1,168	61	26 kr. Salz, gesätt. Auflös.
Schwefelsaur. Natron	1,050	58	11,14 geglühtes Salz, ges. Aufl.
Salpetersaures Kali	1,139	57	20,6 kr. Salz, ges. Auflös.
— Natron	1,206	45	26,4 kr. Salz, ges. Auflös.
Schwefelsäure	1,840	45	
Weinsteinsäure	1,285	41	53,37 kr. Salz, ges. Auflös.
Salzsaures Natron	1,212	32,9	29 Salz, gesätt. Auflös.
Salzsaurer Kalk	1,402	26,1	40,? geglühtes Salz, ges. Auflös.

In einer verkorkten Flasche wird das Verhältniß des uneingesogenen und des in das Wasser eingegangenen

Gases nicht verändert, die Temperatur mag wechseln, wie sie will, sobald sie nicht unter 0° fällt und nicht über +100° steigt. Hieraus folgt, dafs jedes Gas nur durch den Druck im Wasser zurückgehalten wird, welchen dieselbe Gasart auf die Oberfläche des Wassers ausübt, und dafs kein anderes Gas in dieser Hinsicht einen fortdauernden Einfluſs darauf hat. Wird die auf die Oberfläche des Wassers drückende Masse des Gases unter Beibehaltung desselben Volumens vermehrt; so nimmt auch die Masse des eingesogenen Gases in demselben Verhältnisse zu. Wenn z. B. in einer Compressions-Maschine Wasser mit seinem dreifachen Volumen kohlensauren Gases vereiniget wird; so ist das Gas in der Maschine zu einem dreimal geringeren Volumen zusammengedrückt, als es vorher einnahm, so dafs das Wasser, in Verhältnifs der Dichtigkeit des über seiner Oberfläche stehenden Gases, dennoch nicht mehr als ein gleiches Volumen kohlensauren Gases aufgenommen hat.

Wenn Wasser, das mit einer Gasart, z. B. mit Sauerstoffgas, geschwängert ist, mit einem anderen Gase umgeschüttelt wird, zu welchem jene Gasart eine chemische Verwandtschaft besitzt, z. B. mit Stickstoffoxydgas, so saugt es mehr davon ein, als es sonst aufgenommen haben würde.

Wenn Wasser, welches mit einem Gase geschwängert ist, mit einem anderen, zu welchem jenes keine chemische Verwandtschaft hat, umgeschüttelt wird, so treibt das letztere einen Theil des aufgenommenen Gases aus. Die Menge des ausgetriebenen Gases richtet sich nach der verschiedenen Löslichkeit desselben im Wasser; ein wenig lösliches Gas treibt grofse Quantitäten eines stark löslichen aus, und umgekehrt; ein sehr lösliches Gas wird in grofser Menge absorbirt, während von dem minder löslichen eine geringe Menge ausgetrieben wird. Wenn z. B. mit Kohlensäure gesättigtes Wasser mit Stickstoffgas umgeschüttelt wird, so nimmt das Wasser nur einen sehr geringen Theil von diesem auf, verliert aber sehr viel von seinem kohlensauren Gase; ist das Wasser hingegen

mit Stickstoffgas gesättiget und wird mit kohlensaurem Gase umgeschüttelt, so saugt es eine groſse Menge von diesem ein, während von dem Stickstoffgase nur wenig ausgetrieben wird, und dieſs erreicht seine volle Höhe, wenn das Gasgemenge über dem Wasser mit dem im Wasser in ein gewisses Gleichgewicht gekommen ist, welches theils vom ungleichen Absorptions-Vermögen des Wassers gegen die beiden Gasarten, theils von den Verhältnissen, in welchen diese mit einander gemengt sind, abhängig ist.

Bei Untersuchung des Verhaltens der Gase zum Wasser findet man einen Umstand, welcher keine Aufmerksamkeit auf sich gezogen hat, nämlich, daſs das Gas, womit das Wasser in Berührung kommt, durch Einmengung von Wassergas stets ein gemengtes Gas wird, und daſs folglich, wenn die Temperatur erhöht wird, das Verhältniſs, in welchem das Gas vom Wasser absorbirt wird, durch Beimengung gröſserer Mengen Wassergases verändert wird. In einem verschlossenen Gefäſse, in welchem der Druck die Tension des Wassers verhindert, sich proportional mit der Temperatur zu vermehren, wird der Unterschied von dem Volum eines Gases, welches das Wasser bei einer niedrigeren Temperatur aufgenommen hat, weniger bedeutend, aber immer bemerkbar. In ausdehnbaren Gefäſsen dagegen, in welchen das Wassergas Raum hat sich auszudehnen, wird die Menge des absorbirten Gases in einem zunehmenden Verhältnisse mit der Temperatur in dem Grade vermindert, als es eben sowohl innerhalb als über dem Wasser mit Wassergas vermengt wird. Wird deshalb ein Wasser, welches z. B. mit kohlensaurem Gase gesättigt ist, in einem Gasentwickelungsapparate (in welchem das über dem Wasser stehende Gas ebenfalls kohlensaures Gas ist) erhitzt und das Gas aufgefangen, so entweicht auf jeden Grad, um welchen die Wärme des Wassers erhöht wird, mehr kohlensaures Gas, als der Ausdehnung des Gases durch die erhöhte Temperatur entspricht, und ist das Wasser dem Kochpunkte nahe gekommen, so ist schon das meiste Gas

Gas entwichen. Das Wasser ist indefs nun eben so wie zuvor mit Gas gesättigt, aber ein Gemenge von viel Wassergas mit sehr wenig kohlensaurem Gase ersetzt nun das kohlensaure Gas. Wird das Erhitzen bis zum Kochen fortgesetzt, so führt endlich das Wassergas das kohlensaure Gas vollständig mit fort, und das Wasser enthält dann nur Wassergas. Die Capacität des Wassers für sein eigenes Gas ist unbekannt und schwer auszumitteln; dafs es aber dasselbe in seine Zwischenräume wie andere Gase aufnimmt, geht daraus hervor, dafs, im entgegengesetzten Falle, die Wirkung einer erhöhten Temperatur auf ein gashaltiges Wasser keine andere sein würde, als die, so viel Gas auszujagen, als dem durch die Wärme vergrösserten Volum des Gases entspricht; in Folge dessen ein Wasser, welches 100 Cubikzoll kohlensaures Gas bei 0° enthält, bei +100° 37½ Cubikzoll, bei 100° gemessen (oder 27½ Cubikzoll, bei 0° gemessen), abgegeben haben, und das Uebrige in der Flüssigkeit zurückgeblieben sein würde.

Das Wasser kann eben so wenig gleiche Mengen von zwei gemengten Gasarten aufnehmen, als wenn es mit jeder für sich umgeschüttelt wird; vielmehr beruht die Capacität desselben für Gasgemenge einzig und allein auf den verschiedenen Graden von Löslichkeit der Gase im Wasser und auf dem Verhältnisse, in welchem sie gemengt sind, ehe sie mit der Oberfläche des Wassers in Berührung kommen. Wenn man sich vorstellt, dafs Wasser mit einem Gemenge in Berührung kommt, welches aus zwei Gasarten von gleicher Löslichkeit und gleichem Volumen besteht, so wird das Wasser von jedem dieser Gase halb so viel aufnehmen, als es von einem derselben allein aufgenommen haben würde, also von beiden zusammen ein eben so grofses Volumen, als sonst von einem einzigen derselben. Sind aber die Volumina der Gase verschieden, so bleiben auch die relativen Volumina der eingesogenen Gase hiernach proportional. War das eine dieser Gase doppelt so löslich, als das andere; so wird das Wasser von jenem nur $\frac{2}{3}$, von diesem aber nur $\frac{1}{3}$ der

vollen Quantität einsaugen; und waren ungleiche Volumina der Gasarten mit einander gemengt, so werden die eingesogenen Mengen derselben ihrem relativen Volumen proportional sein.

Kömmt das Wasser mit mehr als zwei Gasarten in Berührung, so treten dieselben Gesetze ein; nur wird die Berechnung der relativen Verhältnisse der Gasmengen, welche von jedem Gase aufgenommen werden, verwikkelter.

Alle Quellwasser, mit Ausnahme derjenigen, welche Schwefelwasserstoff, oder Eisen enthalten, alle fliefsende Wasser, Meerwasser, Regen- und destillirte Wasser enthalten eine gewisse Menge atmosphärischer Luft, welche nach Saussure 5 bis $5\frac{1}{4}$ Procent vom Volumen des Wassers ausmacht, und in welchem verhältnifsmäfsig mehr Sauerstoff-, als Stickstoffgas, im Vergleich gegen die gewöhnliche atmosphärische Luft, enthalten ist, weil das Sauerstoffgas im Wasser leichter löslich, als das Stickstoffgas, ist. Nach Gay-Lussac und Humboldt enthält die atmosphärische Luft, welche durch das Kochen aus dem Wasser getrieben wird, von 31 bis 32,8 Procent Sauerstoffgas, so dafs das Wasser 3,4 Procente seines Volumens Sauerstoffgas und 1,6 Procent Stickstoffgas enthält. Stillstehende Wasser hingegen und solche, die man längere Zeit in Holzgefäfsen aufbewahrt, enthalten keinen Sauerstoff, weil derselbe, in dem Verhältnisse, wie ihn das Wasser einsaugt, von den darin faulenden Stoffen immer wieder verzehrt wird. Dagegen hat solches Wasser seinen vollen Gehalt an Stickstoffgas, und wenn man es mit atmosphärischer Luft umschüttelt, so nimmt es aus dieser blofs das Sauerstoffgas auf, welches vollkommen absorbirt und gebunden wird, wenn man das Schütteln lange genug fortsetzt.

Gedruckt bei A. W. Schade in Berlin.

Tab. I.

Fig. 2

D

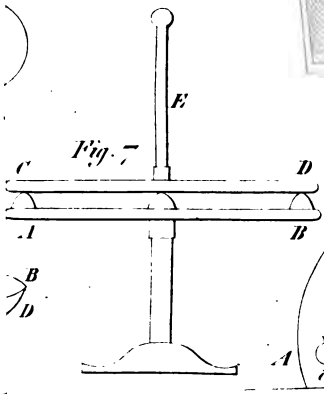


Fig. 7

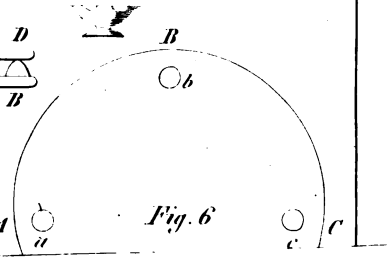
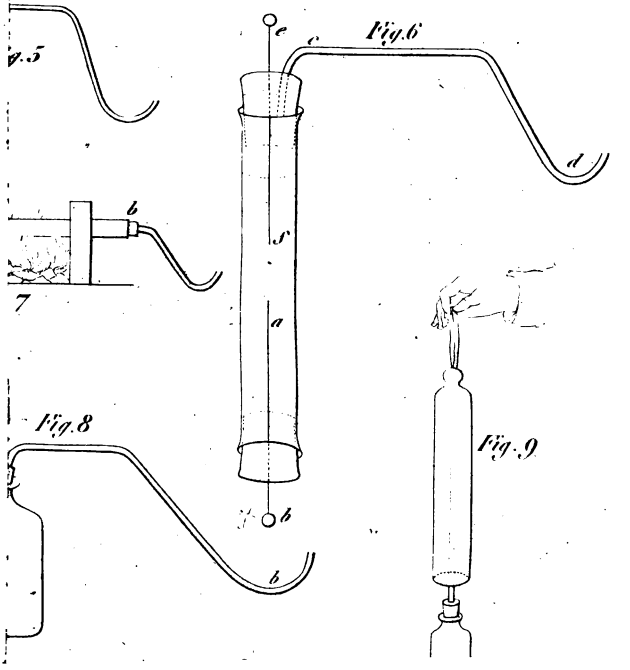


Fig. 6

Tab. II.



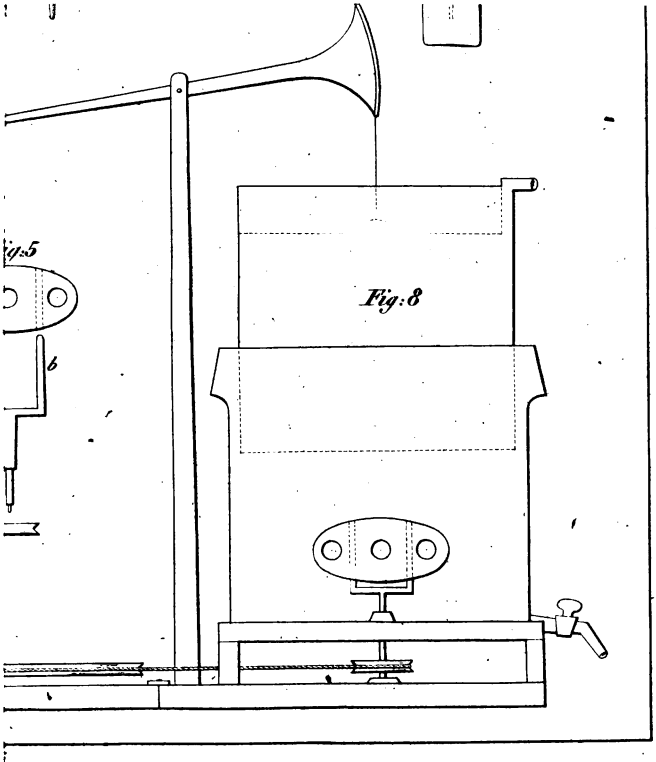
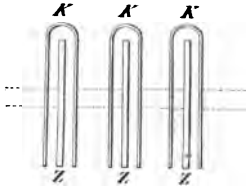


Fig:5
b
Fig:8

Fig. 2

Fig. 5



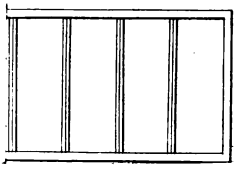


Fig. 7

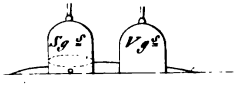
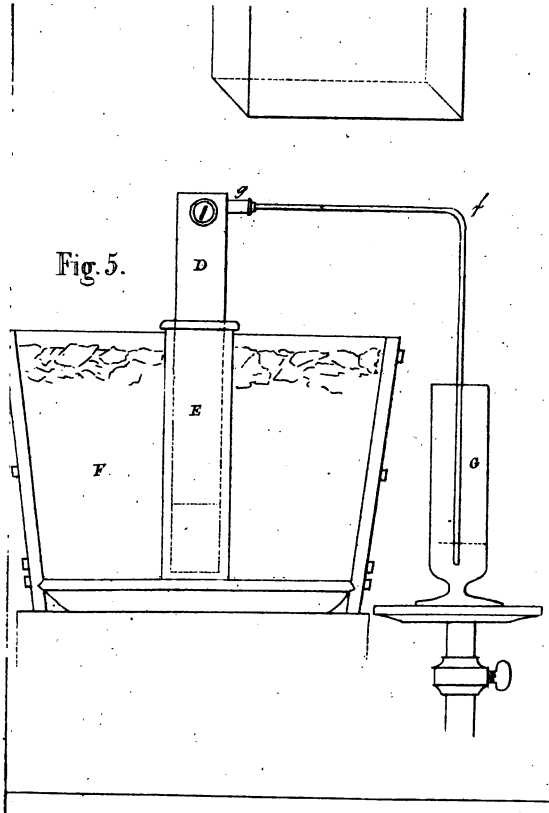
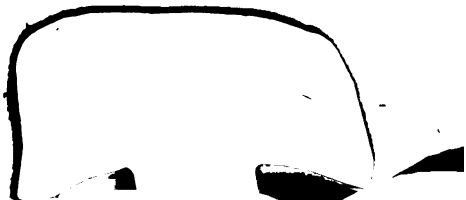


Fig. 5.



COUNTWAY LIBRARY
HC 1WZA L